

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Raylı Ula, Sıst, Otom, Tren Kont,

Yüksek Lisans Tezi

Nevcihan Koç

1991

R 152  
107

20.000 R.

YILDIZ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

RAYLI ULAŞIM SİSTEMLERİNDE  
OTOMATİK TREN KONTROLÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Elektronik Müh. Nevcihan KOÇ

İstanbul, 1991

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
KÜTÜPHANE DOKÜMANTASYON  
DAİRE BAŞKANLIĞI

Kot : R 152  
107

Alındığı Yer : FEN BİL. ENŞ.

Tarih : 18.04.1992

Fatura : .....

Fiyatı : 20.000.000 TL

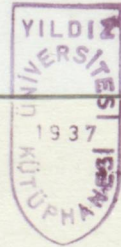
Ayniyat No : 1/2

Kayıt No : 48318

UDC : 621.3 378.242

Ek : .....

+



YILDIZ ÜNİVERSİTESİ

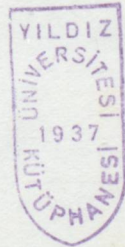
D.B. No 46086

YILDIZ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

RAYLI ULAŞIM SİSTEMLERİNDE  
OTOMATİK TREN KONTROLÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Elektronik Müh. Nevcihan KOÇ



İstanbul, 1991

## İÇİNDEKİLER

Sayfa

V

VI

GİRİŞ ÖNSÖZ

1

TREN-SAY HAZIRLANMASINDA KULLANILAN YERİ

### İÇİNİN SERİLLERİ

Bu tez çalışmasının her aşamasında, bana sürekli destek veren ve değerli yardımlarını esirgemeyen Sayın Hocam Prof. Dr. Atif URAL ' a en derin saygı ve teşekkürle - rimi sunarım.

Nevcihan KOÇ

Değirmendere , Ocak 1991

## İÇİNDEKİLER

Sayfa

	Sayfa
ÖZET .....	V
SUMMARY .....	VI
BÖLÜM 1 GİRİŞ .....	1
BÖLÜM 2 TREN-RAY HABERLEŞMESİNDE KULLANILAN VERİ İLETİM ŞEKİLLERİ .....	3
2.1. Frekans Bölmeli Çoklama .....	3
2.2. Zaman Bölmeli Çoklama .....	7
BÖLÜM 3 KISA MESAFE ÇEVİRİM SİSTEMİ İLE OTOMATİK TREN KONTROLÜ ( C A T C ) .....	11
3.1. Sistemle ilgili Başlıca Tanımlar .....	12
3.2. İşletim Programı ve Gerekli Koşullar .....	14
3.2.1. Sinyalizasyon Sistemi ve Trenin Korunması .....	14
3.2.2. Otomatik Tren İşletimi .....	16
3.3. Kısa Çevrim Sistemi .....	17
3.3.1. Ray Donanımı .....	19
3.3.2. Araç Donanımı .....	20
3.3.3. Ray ile Araç Arasındaki Haberleşme Programı .....	22
3.3.4. Zaman Bölmeli Çoklama İletim Sistemi .....	30
3.4. Planlama Esasları .....	34
3.4.1. Ray Donanımı .....	34
3.4.2. Araç .....	37
3.4.3. CATC ' nin İşletimi .....	40
BÖLÜM 4 OTOMATİK TREN KONTROLÜ ( A T C ) .....	46
4.1. Sistem Donanımı .....	47
4.2. Haberleşme Prensipleri .....	51
4.3. ATC Sisteminin En Önemli Özellikleri .....	53
4.4. ATC Sisteminin Uygulaması .....	54
4.5. ATC Sisteminin Farklı Uygulamaları .....	56
4.6. Raydan Trene Veri Aktarımı .....	61

<b>BÖLÜM 5</b>	<b>OTOMATİK TREN KONTROL SİSTEMİNİN İSTANBUL</b>	
	<b>METROSUNA UYGULANMASI</b>	<b>63</b>
5.1.	Sistemin Yapısı	63
5.1.1.	Ray Donanımı	63
5.1.2.	Araç Donanımı	67
5.2.	Sistemin İşletim Prensipleri	70
5.2.1.	Sabit Hız Seviyesinin İzlenmesi	70
5.2.2.	Özel Fonksiyonların Denetimi	71
<b>KAYNAKLAR</b>		<b>73</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ</b>		<b>74</b>

## SUMMARY

In this thesis, Automatic Train Control Systems which are used in the railway. **ÖZET** Systems are studied and Istanbul Metro System is illustrated.

Bu tezde, raylı ulaşım sistemlerinin otomatik olarak kontrol edilmesiyle ilgili prensipler ve getirmiş olduğu kolaylıklar, genel hatlarıyla anlatılmış ve söz konusu sistemin uygulama alanları bir örnek üzerinde incelenmiştir.

Safety, and

frequency

The above requirements are best met by a system which uses a frequency division system. With this system, the commands are transmitted and the proper execution operations are performed.

The thesis consists of four chapters :

The first chapter deals with the general approach of the system.

In the second chapter, the two transmission modes which are called "Time Division Multiplex" and "Frequency Division Multiplex" are explained and the differences between them are given. While the first one is used for serial transmission, the latter one is used for parallel transmission of telegrams.

In the third chapter, Continuous Automatic Train Control System is illustrated. Before dealing in detail with the system concept, the terms recurring in the thesis are defined.

## SUMMARY

In this thesis, Automatic Train Control Systems which are used in the Railway Transport Systems are studied and Istanbul Metro System is illustrated.

In recent years, elevated and underground railways have always proved to be efficient and reliable transport systems for urban capitals. Today 's general requirements on railway administrations all over the world are :

- Operational performance ,
- Safety, and
- Economy

The above requirements are best met by a modern Automatic Train Control System. With this system, all running or accelerating and braking commands are communicated to the train and their proper execution supervised automatically and continuously.

The thesis consists of five chapters :

The first chapter deals with the general approach of the thesis.

In the second chapter, two data transmission modes which are called " Time Division Multiplex " and " Frequency Division Multiplex " , are explained and the differences between them are given. While the first one is used for serial transmission the latter one is used for parallel transmission of telegram.

In the third chapter, Continuous Automatic Train Control System is illustrated. Before dealing in detail with the system concept, the terms recurring in the thesis are defined.

Trackside equipment which, from the communicated signals, determines the status information according to a predefined programme and transmits this. Vehicle equipment receives, decodes and evaluates the communicated information.

In the fourth chapter, Automatic Train Control System is detailed and the most important features are given. In addition to these explanations, an application and the system's versions are given by general description.

In the last chapter, Istanbul Metro System which, ATC is applied in, is studied. Thus, it is seen, whether the system is reliable, efficient or not.

## BÖLÜM 1

### GİRİŞ

Raylı ulaşım sistemlerinin, hızla artan nüfus yoğunluğu ile birlikte her geçen gün daha çok önem kazandığı açıkça görülmektedir. Karayolu taşımacılığının yükünü azaltmak ancak, raylı ulaşımı geliştirerek, daha cazip hale getirmekle mümkün olur. Bu da, gelişen teknolojinin aşağıda belirtilen ihtiyaçlara cevap verebilmesi ile sağlanabilir :

- Güvenilirlik,
- Ekonomiklik,
- Seyahat hızı,
- Gelişmiş bir trafik düzeni,
- İstasyonların sıklığı ve merkezi bölgelere yakınlığı.

Yukarıdaki ihtiyaçları karşılayabilmek amacıyla geliştirilen Otomatik Tren Kontrol Sistemi, bu tezin konusudur. Tezde, sistemle ilgili tanımlar, sistemin işletim şekli ve donanımı hakkında bilgi verilmiştir.

Otomatik tren kontrolü ile, aracın hat üzerindeki seyahat hızı her an, izin verilen hızla karşılaştırılır ve bunun aşılması durumunda önce bir ses sinyali ile uyarı yapıldıktan sonra, zorunlu frenleme başlatılır. Araç donanımında yapılan bu karşılaştırma işlemi, ray - tren haberleşmesi sayesinde gerçekleştirilir. Endüktif haberleşme sisteminin ray - tren arasındaki bağlantısını sağlayan iletken çevrimleri ile, hattın durumu her an için kontrol edilebilir.

Bu modern sistem sayesinde, hızlanma, çalışma ve fren yapmayla ilgili tüm komutlar trene bildirilir ve bunlara uyulup uyulmadığı da sürekli otomatik olarak denetlenir.

Temelde bu sistemin, raylı taşımacılık konusunda sağladığı en büyük avantaj, planlanan seyr hızları azaltılmadan, trenlerin birbirini izleme süresinin minimum düzeyde tutulmasıdır. Böylece, aynı hat üzerinde ard arda giden araç sayısı arttırılarak, hattan daha verimli bir şekilde yararlanabilmek söz konusu olmuştur.

Ayrıca sistem, araç durma noktasına yaklaştığında, durma mesafelerini belirler. Bunu yaparken, trenin giriş ve çıkışa en yakın noktada bulunmasını sağlar.

Tezin ikinci bölümünde, tren - ray haberleşmesinde en çok kullanılan iki iletim şekli olan, Zaman Bölmeli Çoklama ile Frekans Bölmeli Çoklama incelenmiş ve aralarındaki farklar belirtilmiştir.

Üçüncü bölümde, " Kısa Mesafe Çevrim Sistemi ile Sürekli Otomatik Tren Kontrolü " - **CATC** - hakkında ayrıntılı bilgi ve sistemle ilgili başlıca tanımlar verildikten sonra, işletim prensiplerine geçmeden önce, bu konuda esas teşkil eden Kısa Çevrim Sistemi ' nin detaylarına inilmiştir.

Dördüncü bölümde, Otomatik Tren Kontrol Sistemi - **ATC** - , ilgili donanımlar ve farklı ihtiyaçlar doğrultusunda geliştirilmiş olan iki uygulama biçimi ele alınmıştır.

Son bölüm ise, sistemin uygulanmış olduğu ve halen işletimde olan İstanbul Metro Sistemi incelenmiş ve bu da verilen tüm teorik bilgiler için bir örnek teşkil etmiştir.

## BÖLÜM 2

### TREN - RAY HABERLEŞMESİNDE KULLANILAN

#### VERİ İLETİM ŞEKİLLERİ

Tezin 3. ve 4. bölümlerinde anlatılacak olan CATC ve ATC sistemlerinde veri iletimini sağlamak için kullanılan, **Frekans Bölmeli Çoklama** ve **Zaman Bölmeli Çoklama** ile ilgili genel bilgi aşağıda verilmiştir.

#### 2.1. FREKANS BÖLMELİ ÇOKLAMA

İletişimde, bilgi işareti bir noktadan diğer bir noktaya bir iletim ortamı kullanılarak gönderilir. Bu iletim ortamı, telefon haberleşmesindeki gibi bir iletim hattı ( kablo ) olabileceği gibi, radyo ya da televizyon haberleşmesindeki gibi uzay da olabilir. Gönderilecek olan işaretin bant genişliği çoğunlukla, iletim ortamının bant genişliğinin çok küçük bir bölümünü oluşturur. Bu nedenle iletim ortamından tek bir işaretin gönderilmesi büyük bir savurganlık olur.

Bibirleriyle aynı frekans bandını kapsayan işaretlerin frekans spektrumları, birbirlerine göre ayrı frekans bantlarına kaydırılırlar. Böylece birbirleriyle çakışmayan frekans bantlarını kapsayan işaretler elde edilmiş olur. Bu işaretler zaman bölgesinde toplanarak tek bir iletim ortamı üzerinden gönderilirler. Ayrı frekans bantlarını kapsayan bu işaretler alıcı ucta filtreler kullanılarak birbirlerinden ayrılırlar. Daha sonra birbirlerinden ayrılmış olan bu işaretlerin frekans spektrumları ilk kapsadıkları frekans bandına kaydırılır. Bu biçimde birden çok işaret tek bir iletim ortamı kullanılarak gönderilir ve alıcı tarafta ayrı ayrı elde edilebilir. Değişik işaretlerin, değişik frekans aralıklarını kullanmaları ilkesi **Frekans Bölmeli Çoklama** olarak adlandırılır.

Bundan sonraki bölümlerde kısaca, " Frequency - Division Multiplex " den gelen FDM kullanılacaktır. FDM kullanılırken işaretler zaman bölgesinde birbirleriyle karışmış durumdadırlar. Ancak herbiri başka frekans bandını kapsadığı için, frekans bölgesinde kendi eşitliklerini korurlar ve istenince uygun filtreler kullanılarak birbirlerinden ayrılırlar.

FDM elde edebilmek için, işaretlerin ayrı frekans bantlarına kaydırılmaları, işaretlerin, frekansları ayrı sinuzoidallerle çarpılması ( ve gerekirse uygun filtrelerden geçirilmesi ) ile sağlanır. Bu ise işaretin çift yan bant genlik modülasyonuna uygulanmasından başka birşey değildir. İşaretler, alıcıda birbirlerinden ayrıldıktan sonra, ilk frekans bantlarına geri kaydırılması işi de çift yan bant şeklinde modüle edilmiş işaretin demodülasyonu demektir. Bu tür frekans kaydırmalarda işaretin frekans spektrumu değişmez, yalnızca yeri değişir. Frekans kaydırma işlemi başka biçimde de yapılabilir. Örneğin, bilgi işaretiyle bir sinuzoidalın frekansını modüle ederek te işaretin spektrumu, taşıyıcı frekansı  $w_0$  etrafındaki frekans bandına taşınır. Bu taşınma sırasında işaret bir dönüşüme uğrar, frekans spektrumunun biçimi ve bant genişliği değişir. Bu işlem frekans modülasyonundan başka birşey değildir. Frekansı kaydırılmış ve dönüştürülmüş işaretin yeniden ilk bandına kaydırılması ve eski biçimine dönüştürülmesi ise bu FM işaretinin demodülasyonudur.

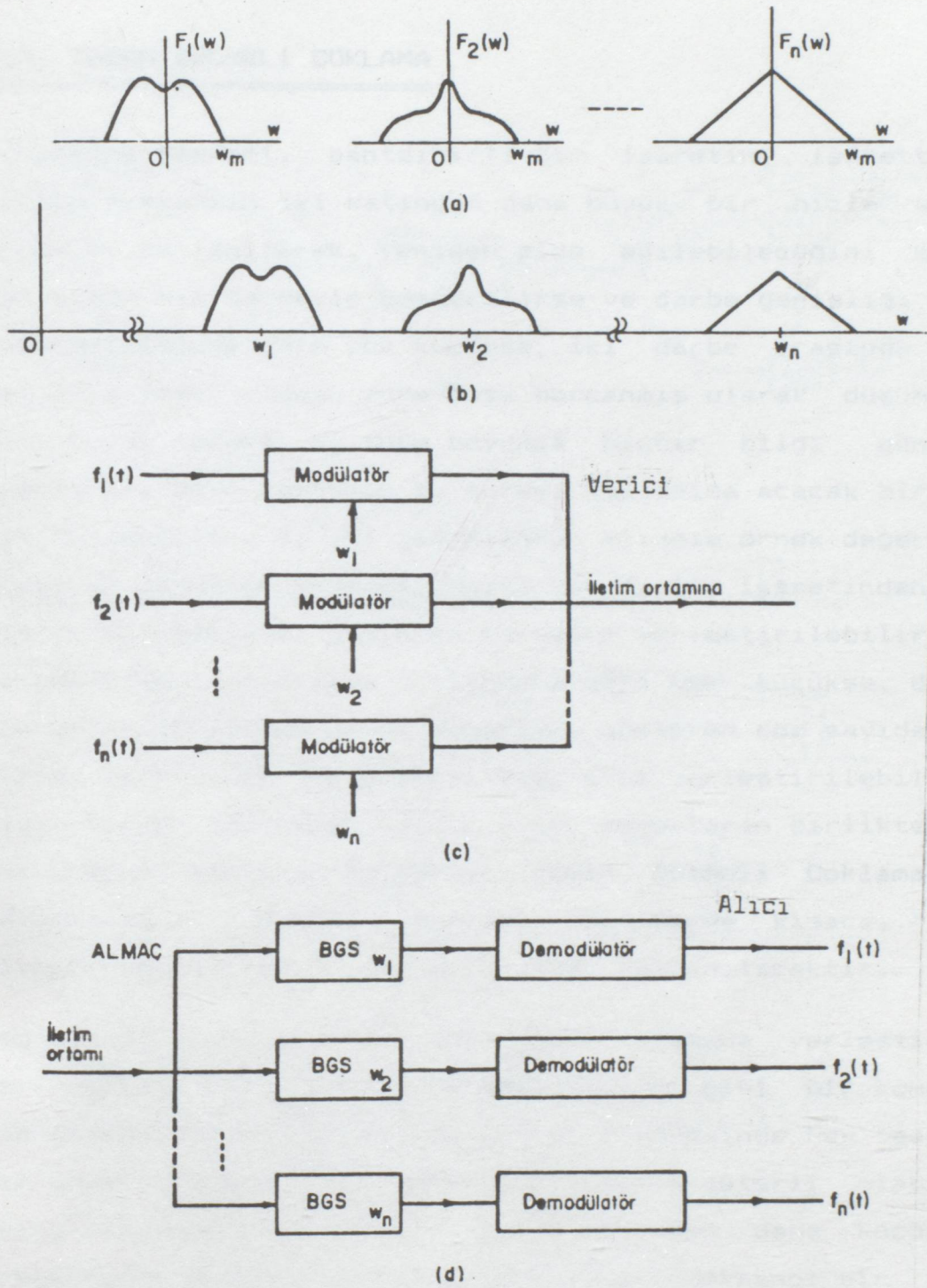
FDM için gereken frekans kaydırma işlemi, modülasyon yoluyla sağlanmış olur. Modülasyon işlemini gerekli kılan önemli nedenlerden biri, FDM yapabilmektir. Modülasyonu gerektiren diğer önemli bir neden de, işaretin iletim ortamında iletimine uygun bir biçime sokulmasıdır. Bu ise çoğunlukla, işaretin yüksek frekanslara kaydırılması ile sağlanır. Böylece, modülasyon işlemi yoluyla hem frekans bölmeli çoklama hem de işaretin iletime uygun biçime sokulması gerçekleştirilmiş olur.

FDM üzerindeki tartışmayı bir örnekle sürdürüelim. Bir iletim ortamı kullanarak, aynı anda  $n$  tane, herbiri  $w_m$  rad / sn bant sınırlı işaret göndermek istediğimizi, modülasyon türü olarak genlik modülasyonu kullanıldığını varsayalım. Aynı örnek, diğer modülasyon türleri kullanılarak da incelenebilir. Bu  $n$  işaretin, taşıyıcı frekansları  $w_1 \dots w_n$  olan  $n$  tane sinuzoidalın genliğini modüle ettiğini düşünelim. Genlik modüleli her işaret, bant genişliği  $2w_m$  olan ve merkezi  $w_1$  (ya da  $w_2, w_3 \dots w_n$ ) olan bir frekans bandını kapsar. Buna göre, değişik frekans spektrumlarının birbirleriyle çakışmaması için taşıyıcı frekansları  $w_1, w_2 \dots w_n$  'in birbirlerinden en az  $2w_m$  rad / sn uzaklıkta olması gerekmektedir. İşaretlerin ayrı ayrı frekans spektrumları, Şekil 2-1a 'da ve FDM 'li işaretin spektrumu ise Şekil 2-1b 'de gösterilmiştir.

Bu işaretler frekans bölmeli çoklanarak tek bir verici tarafından iletim ortamına verilebileceği gibi, başka vericiler tarafından da verilmiş olabilir. Her iki durumda da iletim ortamındaki işaret aynıdır. İletim ortamındaki  $n$  işaretin tümü tek bir alıcı tarafından alınabileceği gibi, herbiri ayrı birer alıcı tarafından alınabilir.

Şekil 2-1c ve 1d 'de işaretlerin tümünün tek bir verici tarafından gönderildiği ve tek bir alıcı tarafından alındığı durum gösterilmiştir.

Her işaret, vericide modüle edilerek istenilen frekansa kaydırılır. Çakışmayan frekans bantlarını kapsayan modüle edilmiş işaretlerin toplamı, iletim ortamına verilir. Alıcıda ise belli bir işareti almak için, o işaretin frekansına merkezlenmiş bir bant geçiren filtre konur. Bant geçiren filtre çıkışında yalnızca istenen işaret vardır. Bu işareten, demodülasyon yoluyla, ilk bilgi işareti elde edilir.

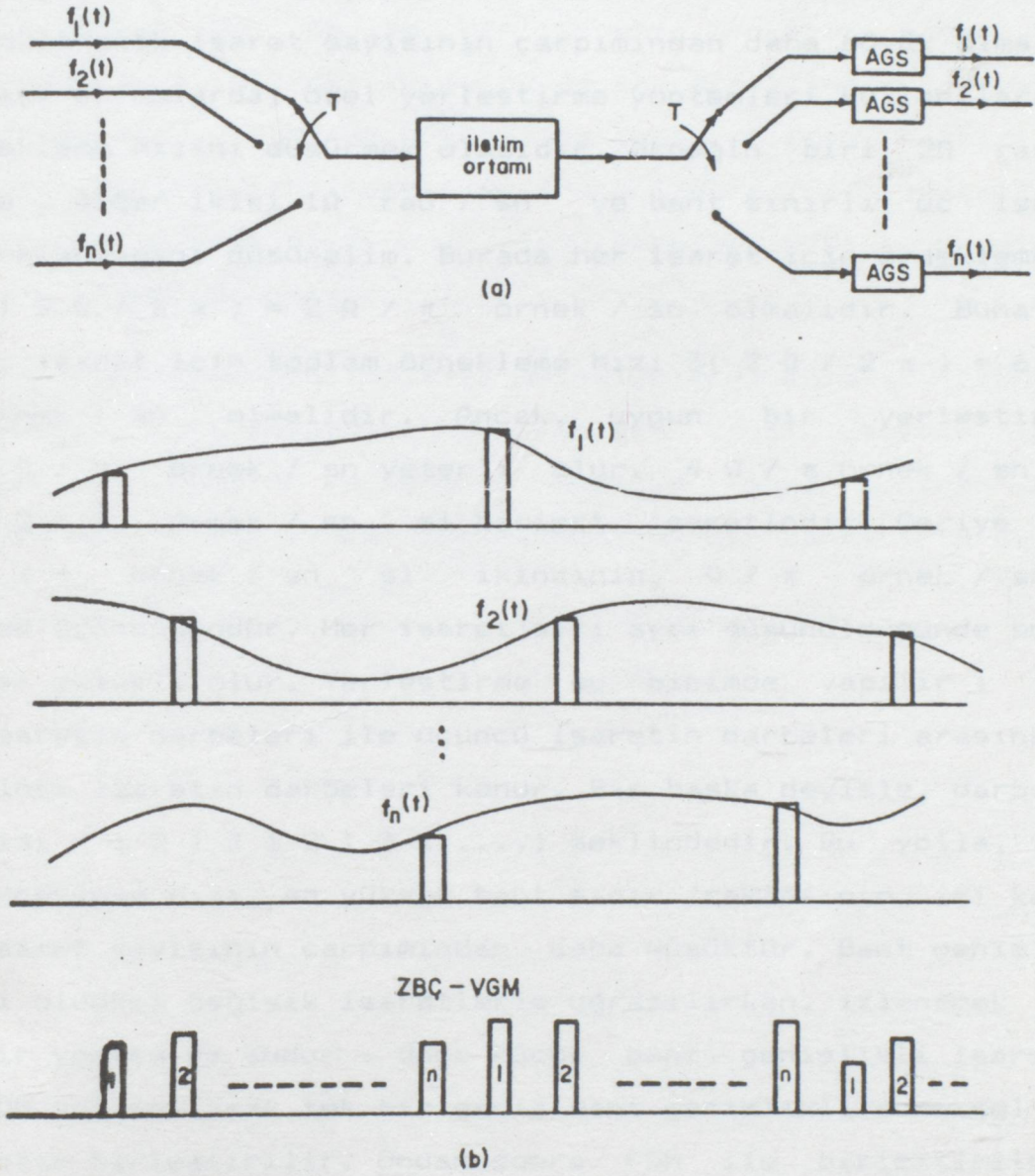


Şekil 2-1 : Frekans bölümlü çoklama ile iletişim

## 2.2. ZAMAN BÖLMELİ ÇOKLAMA

Örnekleme teoremi, bant sınırlı bir işaretin, işarettaki en yüksek frekansın iki katından daha büyük bir hızla alınmış örnekler kullanılarak, yeniden elde edilebileceğini söyler. Her örnek bir darbeyle gösterilirse ve darbe genişliği örnekleme periyoduna göre çok küçükse, iki darbe arasında dalga şeklinin sıfır olduğu süre boşa harcanmış olarak düşünülebilir. Bunun nedeni, bu süre boyunca hiçbir bilgi gönderilmemesidir. Boşa harcanan bu süreyi kullanıma açacak bir yöntem bulunabilir.  $f_1(t)$  işaretinden alınmış örnek değerlerini gösteren darbeler arasına, başka bir  $f_2(t)$  işaretinden alınmış örnek değerleri gösteren darbeler yerleştirilebilir. Darbe genişliği, örnekleme periyoduna göre çok küçükse, değişik işaretlerden alınan örnek değerleri gösteren çok sayıda darbe dizisi Şekil 2-2b 'de gösterildiği gibi yerleştirilebilir. Değişik birçok işaretten alınan örnek değerlerin birlikte gönderilmesini sağlayan bu yöntem, **Zaman Bölmeli Çoklama** diye adlandırılır. Bundan sonraki bölümlerde kısaca, "Time Division Multiplex" den gelen **TDM** kullanılacaktır.

Değişik darbe dizilerinin birbirleri arasına yerleştirilmeleri işlemi, Şekil 2-2a 'da gösterildiği gibi bir komütatör ile gerçekleştirilebilir. Bu yolla, T süresinde her işaretten bir örnek alınmış olur. Örnekleme hızının yeterli olabilmesi için, her işaretin  $\pi / T$  rad / sn 'den daha küçük bir frekansa bant sınırlı olması gereklidir. Herhangi bir işaret bu koşulu sağlamazsa, o işaret bu hızda alınmış örnekler kullanılarak yeniden elde edilemez. Alıcıda her bir darbe dizisini ayırmak için, benzer bir komütatör kullanılır. Her darbe dizisi daha sonra, bir alçak geçiren filtreden geçirilerek, darbeleri işaretler demodüle edilir. Her filtrenin çıkışı, buna karşılık gelen bilgi işaretidir.



Şekil 2- 2: Zaman bölmeli çoklama düzeni ve dalga biçimleri

Sekil 2-2 'de TDM 'nin elde edilisi görülmektedir. TDM ' ye uygulanan işaretlerin tümü aynı frekansa bant sınırlı değilse örnekleme hızı, en yüksek bant sınır frekansının iki katı ile çoklanacak işaret sayısının çarpımından daha büyük olmalıdır. Bazı durumlarda, özel yerleştirme yöntemleri kullanılarak örnekleme hızını düşürmek olasıdır. Örneğin biri  $2\Omega$  rad / sn ye , diğer ikisi  $1\Omega$  rad / sn ' ye bant sınırlı üç işaretin çoklandığını düşünelim. Burada her işaret için örnekleme hızı  $2(2\Omega / 2\pi) = 2\Omega / \pi$  örnek / sn olmalıdır. Buna göre üç işaret için toplam örnekleme hızı  $3(2\Omega / 2\pi) = 6\Omega / \pi$  örnek / sn olmalıdır. Ancak, uygun bir yerleştirmeyeyle  $4\Omega / \pi$  örnek / sn yeterli olur.  $4\Omega / \pi$  örnek / sn ' nin  $2\Omega / \pi$  örnek / sn ' si birinci işaretindir. Geriye kalan  $\Omega / \pi$  örnek / sn ' si ikincinin,  $\Omega / \pi$  örnek / sn ' si ise üçüncününüdür. Her işaret ayrı ayrı düşünülüğünde bu hızlar yeterli olur. Yerleştirme şu biçimde yapılır : İkinci işaretin darbeleri ile üçüncü işaretin darbeleri arasına, birinci işaretin darbeleri konur. Bir başka deyişle, darbe dizisi ( 1 2 1 3 1 2 1 3 1.....) şeklindedir. Bu yolla, toplam örnekleme hızı, en yüksek bant sınır frekansının iki katıyla işaret sayısının çarpımından daha düşüktür. Bant genişlikleri oldukça değişik işaretlerle uğraşılırken, izlenecek başka bir yöntem de şudur : Önce küçük bant genişlikli işaretler, FDM kullanılarak tek bir geniş bant genişlikli örneksel işarete birleştirilir. Ondan sonra FDM ile birleştirilmiş bu işaretlere TDM uygulanır.

TDM ve FDM aynı amacı değişik yollardan gerçekleştirirler: Aynı anda çok sayıda işaretin iletilmesi. Bunlar ikiz yöntemler olarak düşünülebilir. FDM sisteminde iletilecek işaretlerin tümü, sürekli işaretlerdir ve zaman bölgesinde karıştırılırlar . Ancak modüle edilmiş değişik işaretlerin spektrumu, frekans bölgesinde değişik bantları kaplarlar ve uygun filtreler kullanılarak ayrılabilirler. Böylece işaretlerin tümü

zaman bölgesinde karıştırılır, ancak frekans bölgesinde bunların özdeşlikleri korunur.

Öte yandan TDM ' de ise, her işaretin örnekleri zaman bölgesinde ayrı olarak korunur. Ancak örneklenmiş işaretlerin spektrumları frekans bölgesinde aynı bölgeyi kaplarlar ve hepsi karışmış biçimdedirler. Buna göre, FDM işaretlerinde spektrum özdeşliği korunur, TDM işaretlerinde ise dalga biçimi özdeşliği korunur.

Uygulama açısından TDM bazı üstünlüklere sahiptir. TDM ' nin donanımı daha kolaydır. FDM ' de her kanal değişik frekans bantlarını kaplar ve herbiri değişik bant geçiren filtre gerektirir. Öte yandan TDM sisteminde her kanal için birbirinin aynı devreler gerekir.

durumunda, ortaya çıkabilecek güvenlik problemlerine  
 karşı önlemler alınmalıdır. BÖLÜM 3

### KISA MESAFE CEVRİM SİSTEMİ İLE SÜREKLİ OTOMATİK TREN KONTROLÜ ( C A T C )

Günümüzde, özellikle nüfus yoğunluğu büyük olan yerleşim merkezlerinde, toplu taşımacılıkta raylı ulaşım sistemlerinin kullanılmasıyla, verimin ve güvenilirliğin arttığı açıkça görülmüştür. Bununla birlikte, bu tip taşımacılığın verimi ve ekonomik durumu ile ilgili yapılan araştırmalar homojen bir görüntü vermez. Bu konuda rol oynayan başlıca faktörler, tren-yollarının yaşı ve en önemlisi teknik özellikler ile sinyalizasyon sisteminin yapısıdır. Günümüz teknolojisinin karşılaması gereken en önemli gereksinimler :

- İşletim performansının sağlanması,
- Güvenilirliğin tam olması,
- Ekonomik olması, şeklinde sıralanabilir.

Tezin bu bölümünde, yukarıdaki ihtiyaçlara çok iyi bir şekilde cevap verebilen CATC sistemi incelenecektir. CATC terimi " Sürekli Otomatik Tren Kontrolü " nün, İngilizcedeki karşılığı olan " Continuous Automatic Train Control " cümlesindeki kelimelerin ilk harflerinden meydana gelmiş bir kısaltma olup, tezin bu bölümünde sık sık karşımıza çıkacaktır.

CATC sistemi sayesinde, aracın çalışması, hızlanması ve fren yapmasıyla ilgili tüm komutlar - kapalı devre prensibinde olduğu gibi - araca ulaştırılabilir ve bunlara uyulup uyulmadığı da, sürekli otomatik olarak denetlenir.

Çalışma güvenliği, birbirini izleyen trenler arasındaki güvenlik mesafesinin korunmasıyla sağlanır. Bu da, rayın meşgul olup olmadığını gösteren bir otomatik sistemle sağlanır. Böyle bir sistemde ana prensip, aracın tekerlek düzeni ile ray devreleri arasındaki sinyallerin devamlılığıdır. Herhangi bir

arıza durumunda, ortaya çıkabilecek güvenlik problemlerine anında müdahale edilebilmelidir.

Bilgilerin sürekli iletilebilmesi için kullanılan iletken cevrimleri, ray devresiyle ilgili olan bölümlerden bağımsızdır. Yol kenarındaki programlanabilir donanımlar, bilgilerin ray devresi üzerinden taşınmasını sağlar. Sistem böylece, merkezden uzak, kendi kendini yönetir bir durumdadır. Bir arıza meydana geldiğinde, trenin bulunduğu noktalar kesin olarak belirtilir ve " düşük-hız " konumuna geçmeleri sağlanır. Trenlerin hareketleri ve işletim durumlarıyla ilgili bilgiler, istasyonlar arasında iletildiği gibi, istasyonlar ve kontrol merkezi arasında da iletir.

Bu uygulamada, trenin istasyonda otomatik olarak frenlemeye geçmesi ve aynı şekilde otomatik olarak hareket etmesi sağlanmıştır. Makinist, önündeki gösterge panelinden, hat üzerindeki muhtemel değişiklikleri ve her an son durumu gösteren sinyalleri denetler. Sadece trenin çalıştırılmasıyla ilgili bilgi komutu manual olarak verilir. Ancak herhangi bir tutarsızlığın görülmesi ya da bir tehlikenin oluşması durumunda, sürücü otomatik sistemi iptal ederek treni durdurabilir. Bununla birlikte aracı, belirlenmiş olan hızın üzerine çıkaramaz, çünkü bu hız değerini ray donanımı belirler. Tüm bunlar, yolcunun en konforlu şekilde seyahatini sağlamak içindir.

### 3.1. SİSTEMLE İLGİLİ BAŞLICA TANIMLAR

Sistem hakkında detaya inmeden önce, konunun daha iyi anlaşılmasında yardımcı olacak bazı kavramlar aşağıda ana hatlarıyla tanımlanmıştır.

**CATC İşletim Sistemi :** Trenin kontrolü ve güvenliği ile ilgili bilgileri -burada iletken olarak işlev gören- raylar ya da ray kenarındaki özel kablolar üzerinden trene gönderen elek-

trik hattı ve araç donanımı olarak tanımlanabilir. Burada iletişim sürekli ve teknik güvenlik açısından kapalı devre olarak yapılır.

**Zaman Bölmeli Çoğullama Sistemi :** Birbirinden eşit uzaklıkta yayılan darbe telgraflarının - örneğin burada 35.4 / 36.6 kHz frekanstaki darbelerin - ardışık olarak gönderilmesidir.

**Hat İletkeni :** Çift izoleli, her türlü hava koşuluna dayanıklı ve raylar arasında bulunan, ray boyunca döşenmiş olan bakır kablo.

**Kısa Çevrim Sistemi :** Bunlar, istasyon bölgesiyle bağlı olarak tesis edilmiş ve oradan beslenen kısa iletken çevrimlerdir. Bu iletken çevrimlerinin, istasyon girişi ve fren bölümlerindeki ortalama uzunluğu 75 m. dir. Ancak bu mesafe, çalışan araçların uzunluğuna bağlıdır. Giriş ve fren bölümlerinde değil de , iki istasyon arasında bulunan diğer çevrimlerin uzunlukları rastgele olabilir. İstasyonun her iki yanında yer alan çevrimler farklı hat ünitelerine bağlıdır.

Alınan sinyaller ve darbe telgrafları şeklinde iletilen işletim bilgileri, hat ünitelerinde işlem gördükten ve kodlandıktan sonra iletken çevrimleri üzerine gönderilir.

**Emniyet Mesafesi :** Trafik yönünde uzanan tehlikeli noktayla, aracın durma noktası arasındaki mesafedir. Bu mesafe, tren zorunlu frenlemeye geçtiğinde ya da frenleme esnasında trenin hızı hassas olarak denetlendiğinde söz konusu olur. Emniyet mesafesinin kısa olması, ard arda giden trenler arasındaki birbirini izleme mesafesinin kısa olması şeklinde açıklanabilir.

**Ray Donanımı :** Rayın durumuyla ilgili bilgileri, önceden tanımlanan bir programa göre belirleyen ve bunları zaman bölmeli çoğullama ile hat iletkeni üzerinden gönderen bir donanımdır. Değerlendirme, digital anahtarlama devreleriyle elektronik olarak yapılır.

dir. Herhangi bir önceki hıza göre, hareketin, yani frenlemenin, güvenlik ve sinyalizasyon tekniklerine uyup uymadığı kontrol

**Araç Donanımı :** Bu donanım, taşınan bilgiyi alarak kod çözme işlemi yapar ve bunu değerlendirir. Ayrıca , fonksiyon üniteleri bu işlemlere ek olarak, bilginin kesinleştirilmesini ve çalışma hızlarının kontrolünü sağlarlar. Gerçek değerlerin, hat donanımından elde edilen nominal değerlerle karşılaştırılmasıyla, trenin otomatik kontrolü için gerekli olan bazı emirler ve kontrol fonksiyonları bulunur ve şekillenir.

**Bilgi Bölümü :** Herhangi bir bilgi bölgesi, herbiri birbirinden bağımsız bilgiler alan ray donanımları ile bilgi bölümlerine ayrılmıştır. İçinde kısa çevrim sisteminin bulunduğu bu bölümler, herbiri birbirinden galvanizle izole edilmiş iletken çevrimleri içerir.

**Limit Hız (VG):** Limit hız değeri, belirli bir bölgeye aittir. Bu değer, çevrimin bir sonraki tehlike noktasına olan uzaklığına ya da, her bir bölüm için izin verilen çalışma hızına bağlıdır.

Limit hıza ait bu tezde kullanılan kısaltmalar aşağıda gösterildiği gibidir:

VGN :Nominal limit hız değeri (Örn:40 km/sa )

VGF :Limit hız kontrol değeri

$VGF = VGN + 4$  (Örn:44 km/sa )

## 3.2 İŞLETİM PROGRAMI VE GEREKLİ KOŞULLAR

### 3.2.1. Sinyalizasyon Sistemi ve Trenin Korunması

CATC Sistemi, hattın her noktasında, hareket anındaki hızın, izin verilen hızla karşılaştırılmasını ve herhangi bir hızlanma durumunda, zorunlu frenlemenin başlatılmasını sağlar. Araç donanımında gerçekleşen bu karşılaştırma işlemi, hız bilgisinin hattan araca taşınması ile olur. Hız değeri aynı zamanda sürücünün kontrol panelinde görünür ve eğer gerekirse, araç sürücüsü bu değeri kendi işletimine göre ayarlayabi-

lır. Herşeyden önce, hızdaki azalma durumu, yani frenlemenin, güvenlik ve sinyalizasyon tekniklerine uyup uymadığı kontrol edilir.

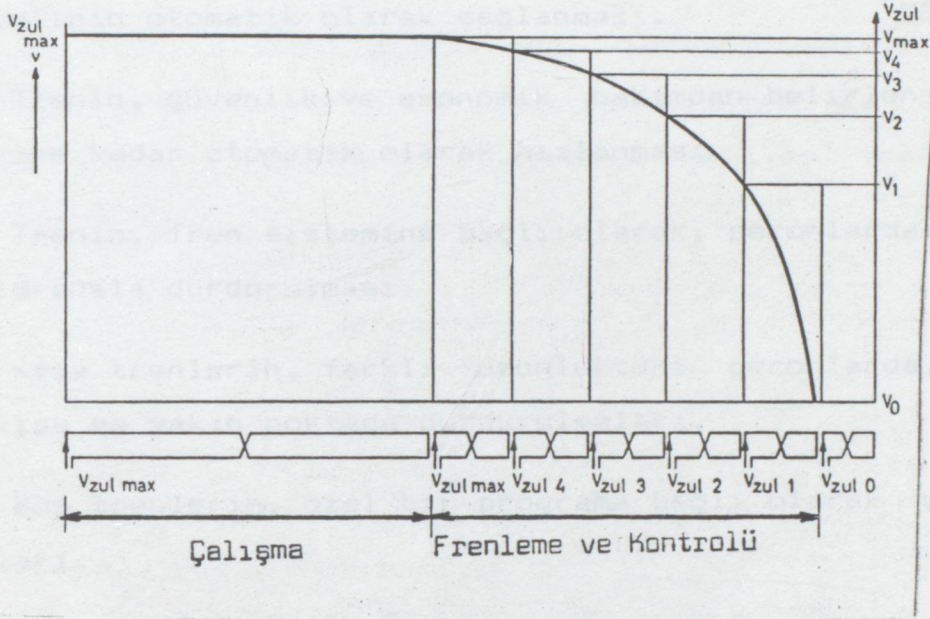
Temel olarak bu sistemin gördüğü asıl işlev, emniyet mesafelerini kısaltmaktır.

Klasik trenyolu sistemlerinde emniyet mesafeleri 200 - 300 m. arasında değişirken, günümüzde CATC'nin kullanımıyla, 30 - 75 m.gibi kısa bir mesafeye düşürülmüştür. Böylece, aynı hat üzerinde ard arda giden araç sayısı arttırılarak, hattan daha verimli yararlanabilmek söz konusu olmuştur.  $1 \text{ m /sn}^2$  lik hızlanma ve yavaşlama ivmesi, istasyondaki 20 sn.lik duruşlar ile, trenlerin birbirini izleme süresi 70 sn. ye kadar azaltılabilmekte ve 90 sn. lik tarifelerde küçük rotalar için yeterli süre kazanılmaktadır. " Sürekli Otomatik Tren Kontrolü " nün getirdiği en büyük avantaj, planlanan seyr hızları azaltılmadan, trenler arası izleme süresinin minimum düzeyde tutulmasıdır.

Hattın CATC ile donatılmış bölümleri, belirlenen hız kontrol fonksiyonlarının ışığında, bilgi bölümlerine ayrılmalıdır. Durma noktalarına yaklaşıldığında bu bilgi bölümleri, durma noktalarını belirler ( Şekil 3-1 ).Frenleme bölgelerinde, hız kontrol işleminin sık sık yapılması, düzgün bir yavaşlama sağlar. Bu işlemin sıklığı, emniyet mesafesine ve ray donanımının özelliklerine bağlıdır.

Boyu kısa olan tren grupları için, perondaki farklı durma noktaları incelenmiş ve araç uzunluğunun üç ya da dört katına karşılık gelen bir mesafenin bilgi bölümü için en uygun mesafe olduğu görülmüştür. Yavaşlama bölgeleri ve durma noktalarına bağlı olarak, ray donanımındaki cihazlar her bilgi bölümü için hız değerleri üretir. Bu veriler, ya ray donanımında programlanarak ( örneğin yavaşlama bölümleri ), ya da

sinyalizasyon sistemine ait rölelerin konumlarından türetilerek elde edilebilir. Ray donanımı aynı zamanda, hızla ilgili bilgiyi tüm bilgi bölümlerine dağıtır.



$V_{zul}$  : İzin Verilen Hız

Şekil 3-1 : Bilgi Bölümlerinin Hattaki Düzeni

### 3.2.2. Otomatik Tren İşletimi

CATC sisteminin temel kullanım amacı, tren hızının denetlenmesi ve trenin otomatik olarak kontrolüdür. Kontrolün artırılması ile, normalde makinist ya da sürücü tarafından yapılan tren kontrol işlemlerinin otomatik olarak yapılması sağlanabilir.

Trenin otomatik bir şekilde işletimi ile, hızlanma, akımsız çalışma veya fren yapma gibi işlemler, sürücüdenden bağımsız olarak yapıldığından, daha verimli bir sonuç elde edilir. Böylece sürücünün rutin bir şekilde tekrarlanan işlerden kurtulması ve diğer görevlerine daha çok zaman ayırması sağlanır. Bu şekilde, işgücü tasarrufuna gidilebilmekte ve bu da ekonomikliğini beraberinde getirmektedir.

Bir otomatik tren işletim sisteminde olması gereken özellikler aşağıdaki gibidir :

1. Hat boyunca her noktada tren hızının denetimi ile seyr emniyetinin otomatik olarak sağlanması.
2. Trenin, güvenlik ve ekonomik bakımdan belirlenmiş hız değerine kadar otomatik olarak hızlanması.
3. Trenin, fren sistemine bağlı olarak, peronlarda  $\pm 1$  m. lik toleransla durdurulması.
4. Kısa trenlerin, farklı uzunluktaki peronlarda, giriş ve çıkışa en yakın noktada durdurulmaları.
5. Boş trenlerin, özel bir programa bağlı olarak çalıştırılmaları.
6. Rayla temasın kesilmesinden önce, cer akımının kesilmesi.
7. Güvenlik sisteminin belli bir bölgesinde meydana gelen bir arızanın, sadece sınırlı bir bölgeyi etkilemesi. Yani tüm tren işletiminin bu tip bir olay yüzünden aksamaması. Kontrol sisteminin etkisini kaybettiği noktaların, tümüyle belirlenmesi ve tren güvenliğinin sağlanması.

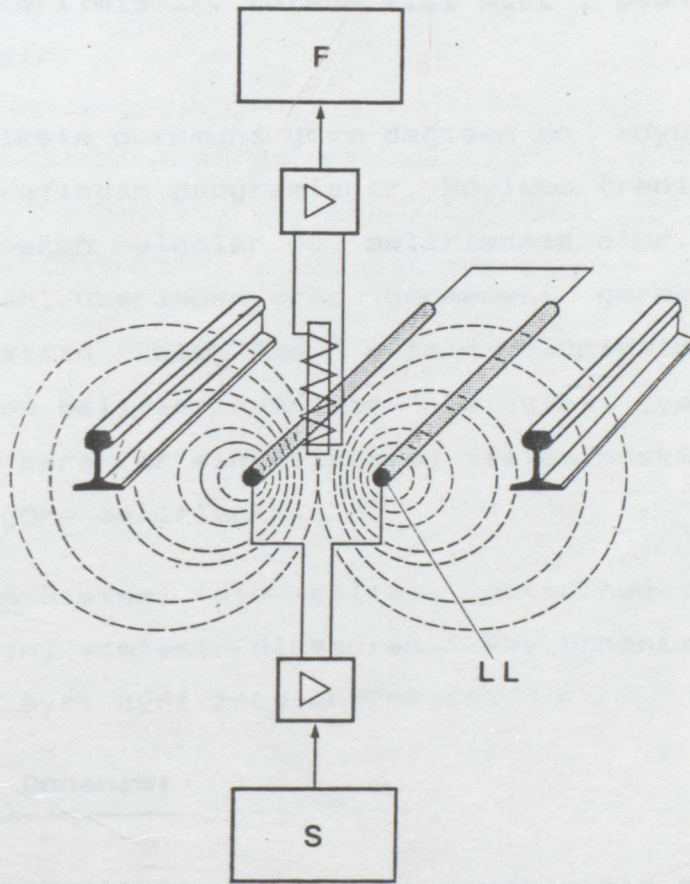
### 3.3. KISA ÇEVİRİM SİSTEMİ

Tezin bundan önceki kısımlarında, kontrol edilen hat bölümünün, bilgi bölümlerine ayrıldığından kısaca bahsedilmişti. Bu kısımda ise, bilgi bölümleri içinde yer alan ve ilgili ray donanımına bir kablo ile bağlanmış olan iletken çevrimlerinden yani " Kısa çevrim sistemi " nden söz edilecektir.

Her iletken çevrimi, endüktif haberleşme sisteminin ray-tren bağlantısını sağlayan bir elemanıdır. Hat bölümleri için gerekli olan bilgiler, hat iletkeni üzerinden 36 kHz 'lik orta

frekanslı " Hamming Kodu " ile korunmuş olan A.C. darbe tel-  
grafları şeklinde iletilir. Bu alternatif akım bir manyetik  
alan oluşturarak, trenin kuplaj bobinlerinde , daha sonraki  
bir çok işlemi baslatacak olan bir gerilim endükler.

Genişlikleri yaklaşık olarak 400 - 600 mm. arasında değişen  
ve rayın ortasına yerleştirilmiş olan iletken çevrimleri, op-  
timum iletim koşulları sağlayacak şekilde tasarlanmıştır  
( Şekil 3-2 ).



F : Arac Donanımı

S : Ray Donanımı

LL : İletken Çevrimlerinin İdeal Yerleşim Şekli

Şekil 3-2 : Hat - Arac arasındaki Endüktif Haberleşme

( basitleştirilmiş diyagram )

Kısa çevrim sistemi, " Sürekli Otomatik Tren Kontrolü " ve " Otomatik Tren İşletimi " için gerekli olan ray donanımının merkeze yerleştirilmesine olanak sağlar. Ard arda iki istasyonun kalkış bölümleri arasındaki iletken çevrimlerin, tek bir ray donanımına bağlı olmasıyla bir çok avantaj sağlanacağı kanıtlanmıştır.

Hat donanımı, elde edilen bilgileri hız bilgisi şekline dönüştürerek, bunları bilgi bölümlerine iletir. Şekil 3-1 ' de hat üzerine yerleştirilmiş olan bilgi bölümleri ve durma mesafesi gösterilmiştir. Burada  $V_{zul\ maks}$  , planlanan en büyük hız değeridir.

Hattın yerleşim durumuna göre değişen en büyük hız değeri, donanım tarafından programlanır. Böylece trenin düşük hızda gitmesi gereken bölümler de belirlenmiş olur. Tren güvenliği açısından, üzerinden araç geçmemesi gereken noktaların yerleri, hattın " blok " ve " rota " bölümlerine ayrılmasıyla daha önceden belirlenir. Araçın " Çalışması " ya da " Durması " na ilişkin kararlar sinyalizasyon sistemindeki rölelerin durumlarına göre belirlenir.

Kısa Çevrim Sistemi 'nin çalışma metodunun daha iyi anlaşılması için, sistemi oluşturan " Ray Donanımı " ve " Araç Donanımı " ayrı ayrı incelenecektir.

### 3.3.1. Ray Donanımı

Şekil 3-3 'ün alt kısmı, bir ray donanımının şematik görünüşünü vermektedir. " n " sayıdaki iletken çevrimlerin tümü bir kablo ile ray donanımına bağlanır.

Donanım, trenin korunması ve işletimi ile ilgili aşağıda belirtilen bilgilerin sağlanmasıyla kontrol edilir:

### 3. Kontrolü duruş : Hızdaki seyrin Güvenlik Bilgileri :

1. Avari Blok bölümü serbest ya da frenleme duruşlarının

Blok bölümü meşgul

Rota belirlendi

Rota belirlenmedi

Eğer gerekirse :

Tehlike sinyali devre dışı

Tehlike sinyali devrede

Yedek sinyal devre dışı

Yedek sinyal devrede

### İşletim Bilgileri :

Duruş noktası peron başında

Duruş noktası peronun ortasında

Duruş noktası peron sonunda

Trenlerin, istasyon personeli tarafından harekete hazırlanması durumunda :

Hareket emri

Yukarıda belirtilen bilgiler, elektrik sinyallerine çevrilip, güvenilir bir şekilde kodlanarak, her bir iletken çevrimi üzerinden gönderilirler. Çevrimlerdeki ardışıl kesmeler, bir " Elektronik Çevrim Seçici " tarafından yapılır. Bu seçici, darbe telgraflarının iletimi süresince ( Yaklaşık 40 msn ) çevrimlerden birine bağlıdır.

### 3.3.2. Araç Donanımı

Hız ile ilgili bilgiler trenin otomatik kontrol devresi tarafından alınır. Burada tanımlanması gereken değerler aşağıda belirtilmiştir :

1. Teorik değer İzin verilen hız

2. Gerçek değer Seyr hızı

3. Kontrollü durum Hızdaki sapma
4. Ayarlı durum Hızlanma ya da frenleme durumlarının  
seçimi

Bir fren eğrisinden, mümkün olduğunca maksimum sayıda kontrol değeri elde etmek için kısa çevrim sistemi aşağıda belirtil-  
diği gibi kısımlara ayrılır :

- a) Çevrim kısmı bir odometre cihazı tarafından ikiye bölünür  
Seyahat mesafesi daima her yeni çevrim başlangıcında tek-  
rar kaydedilir ve çevrimin başlangıcı ile uzunluğu, darbe  
telgraflarıyla belirtilir. Çevrimin ilk yarısı boyunca,  
ray donanımı tarafından iletilen maksimum hız oranı uygu-  
lanır. Tren çevrimin yarısını geçtikten sonra, hız, henüz  
üzerinde bulunduğu çevrime ait hız değeri ile , sonraki  
çevrime ait olan hız arasındaki bir değere indirilir.  
Nominal değerin bu şekilde oluşturulması, çevrimin orta-  
sında ve sonundaki servis freninin yeterli olup olmadı-  
ğını meydana çıkarır.
- b) Odometre cihazı, her çevrim mesafesinin yarısında, gerçek  
hız değerleriyle karşılaştırılmak üzere nominal fren de-  
ğerlerini bulur. Karşılaştırma, yaklaşık 40 cm. lik adım  
genişliğine sahip hassas bir durum eğrisi şeklinde yapı-  
lır.

Aracın dingillerine bağlı algılama cihazı ve diğer bütün  
elektronik donanım, oluşabilecek hatalara karşı tamamiyle gü-  
venli çalışma devrelerine sahiptir. Örneğin , durmakta olan  
bir trenin yanlış bir sinyalizasyona yol açacak ve trenin ha-  
reket ettiği izlenimini verecek darbeler üretmesi mümkün de-  
ğildir. Değerlendirme ünitesi, birim zamanda katedilen mesafe-  
ye göre, yol / zaman oranından, aracın o andaki gerçek hızını  
belirler. Bu sistemde kullanılan algılayıcı, her tekerlek  
dönüşünde 64 darbe ürettiğinden, birim uzaklık, tekerlek

cevresinin  $1 / 64$ 'ü kadardır. Örneğin çapı 900 mm. olan bir tekerlek için birim uzaklık 45 mm. dir.

Teorik hızla gerçek hızın karşılaştırması yapılarak, aracın fren ve kontrol sistemine, " Hızlanma " , " Akımsız çalışma " ya da " Fren yapma " komutlarından biri verilir.

Trenin çalışması, otomatik tren işletim sisteminden tamamen bağımsız olarak korunur ( Şekil 3-3 ).

Haberleşme programında, limit hız değeri VG, açık hatlar için izin verilen maksimum hız değeri olarak alınır. Bu hız değeri de sürekli olarak gerçek hız değeriyle karşılaştırılır ve limit hız değerinin 3 km / sa aşılması durumunda otomatik fren devreye girer.

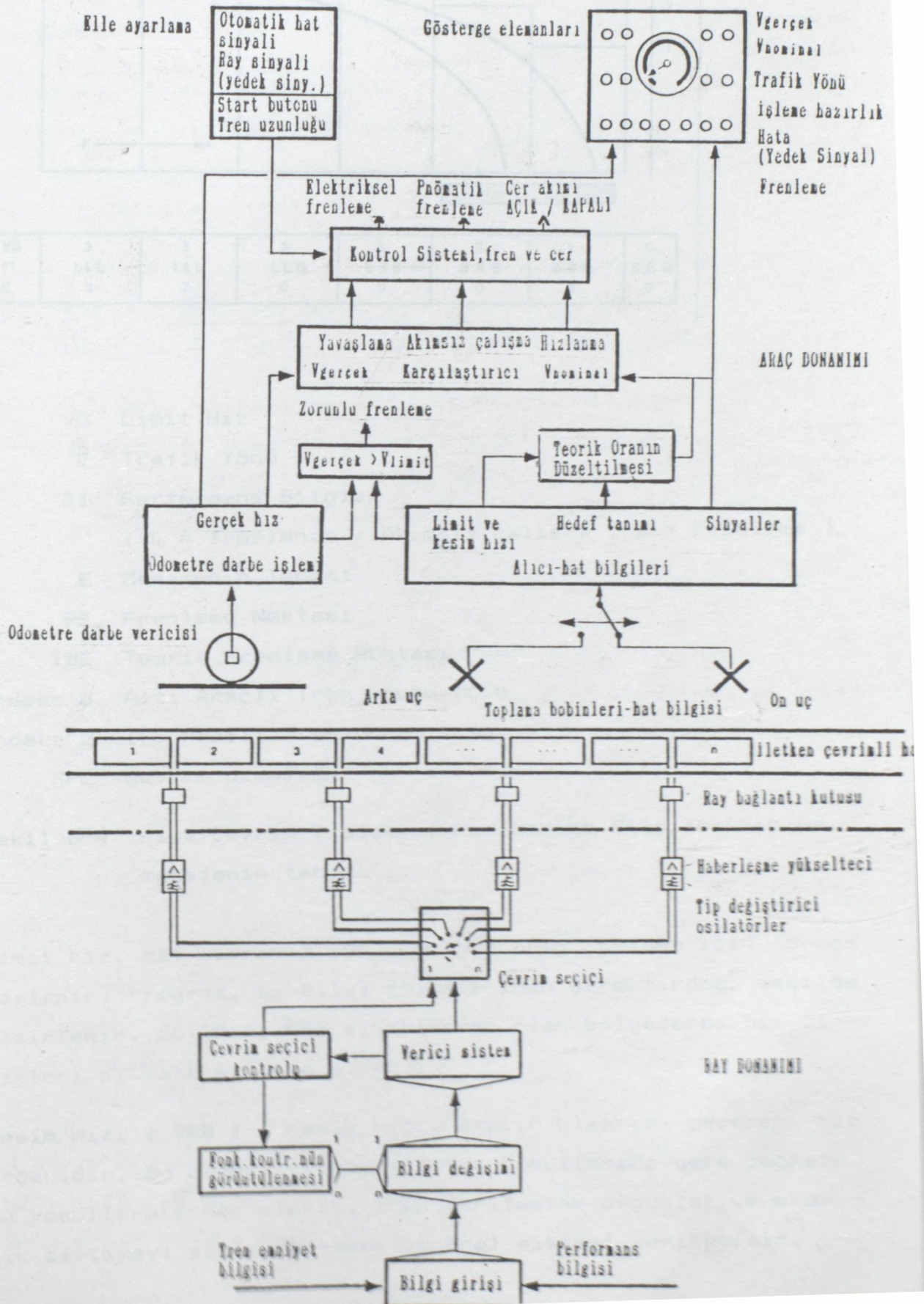
Aracın sürücü tarafından kontrol edilmesi ve çalıştırılması için gerçek ve teorik hız değerlerinin sürücüye gösterilmesi gerekir.

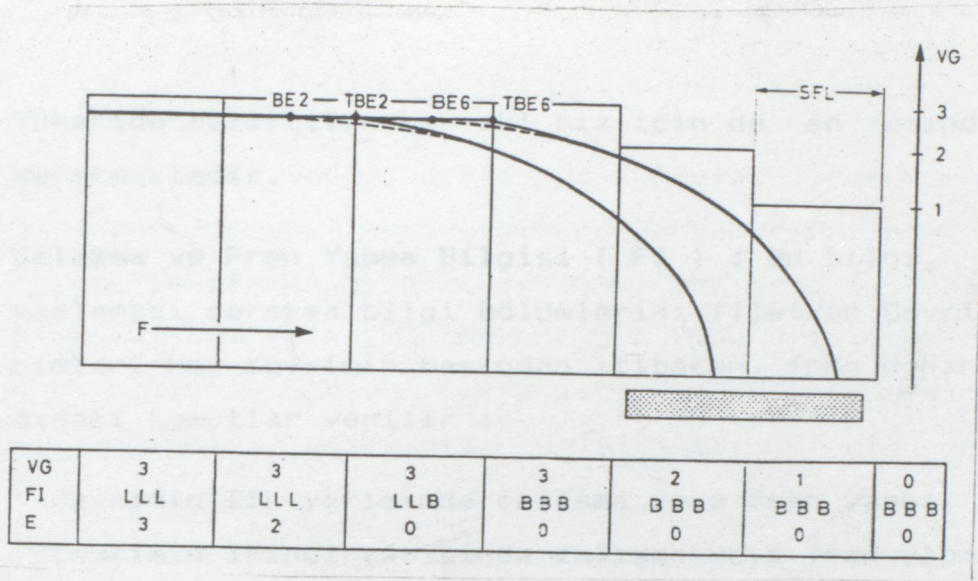
Trenin otomatik olarak çalışması daima sürücü denetiminde olmalıdır. Bu amaçla sürücü kabininde bir başlama tuşu bulun - maktadır.

### 3.3.3. Ray ile Araç Arasındaki Haberleşme Programı

Maksimum tren hızının denetlenmesi, bir duruş noktasına yaklaşıldığında frenlerin kontrolü ve trenin otomatik olarak çalıştırılması için aşağıda belirtilen haberleşme programına gerek duyulmaktadır ( Şekil 3-4 ve 3-5 ).

**Limit Hız ( VG ) :** Limit hız, bir iletken çevrimi uzunluğundaki bilgi bölümü içinde izin verilen maksimum hızdır. Bu değer, aracın fren sisteminin gücü hesaba katılarak, çevrimin bir sonraki tehlike noktasına olan uzaklığına göre, hat donanımı tarafından belirlenir.





VG Limit Hız

F Trafik Yönü

FI Performans Bilgisi

( L = İvmelenme / Akımsız çalışma , B = Frenleme )

E Mesafenin Tanımı

BE Frenleme Noktası

TBE Teorik Frenleme Noktası

İndeks 6 Altı Araçlı Tren Grubu İçin

İndeks 2 İki Araçlı Tren Grubu İçin

SFL Çevrim Uzunluğu

**Şekil 3-4** Kısa Çevrim Sistemi ( Performans Bilgilerinin ve mesafenin tanımı )

Limit hız, hat üzerinde yer alan her bilgi bölümü için programlanır. Program, bu bilgi bölümlerinin gerektirdiği şekilde hazırlanır. Böylece, hız sınırlaması olan bölgelerde hız limitleri dikkate alınmış olur.

**Kesim Hızı ( VAB ) :** Kesim hızı, aracın ulaşması gereken hız değeridir. Bu değer, trenin işletim koşullarına göre değişir. Bu koşullara örnek olarak, tren tarifesine uygunluk ve ekonomik çalışmayı sağlayabilecek kontrol sistemi verilebilir.

Yukarıda belirtilen her iki hız için de en azından 9 değer gerekmektedir.

**Çalışma ve Fren Yapma Bilgisi ( FI ) :** Bu bilgi, trenin yavaşlaması gereken bilgi bölümlerini (iletken Çevrimleri) tanımlar. Her çevrimin başından itibaren, fren donanımına aşağıdaki komutlar verilir :

Cevrimin ilk yarısında çalışma veya fren yapma

Cevrimin ikinci yarısında çalışma veya fren yapma

Bir sonraki çevrimin ilk yarısında çalışma veya fren yapma

Benzer olarak sonraki üç yarım çevrimin, hızlanma veya frenleme gerektirip gerektirmeyeceği taşıta bildirilerek ilgili donanımın hazırlıklı olması sağlanır. Bu işlem, ya frenlemenin başlangıcında ya da sonunda gerçekleştirilir. Böylece, frenlemeye ya da tam tersi hızlanmaya geçişte yumuşaklık sağlanır.

**Durma Noktalarının Tanımlanması ( HPK ) :** İstasyonlarda, çıkış - veya giriş - noktası ile tren arasında yolcuların yürümesi gereken mesafe mümkün olduğunca kısa tutulmalıdır. Bunun için, değişik tren uzunluklarına göre, perondaki duruş noktaları her farklı durum için sürekli olarak yeniden belirlenir.

" Peron Hedef Noktası " nı gösteren ve trene iletilmesi gereken bilgiler aşağıdaki gibidir.

1. İstasyon tanımı yok : Açık hat
2. Durma noktası peron başında
3. Durma noktası peron ortasında
4. Durma noktası peron sonunda

Araç donanımı, yukarıdaki bilgileri ve aracın uzunluğunu göz önünde bulundurarak, hedeflenen durma noktasına göre treni durduracak frenleme eğrisini seçer.

**Mesafenin Tanımlanması ( EK ) :** Durma noktasının, peronun başlangıcında ya da ortasında olması durumunda frenlemeye daha önceden geçilmesi gerekir. Bu durumda frenin uygulandığı nokta, yavaşlama bilgisinin henüz verilmediği daha önceki bir bölge içinde kalır. Bu nedenle, o anda aracın üzerinde bulunduğu çevrimin bittiği nokta ile, frenlemenin başlayacağı nokta arasındaki mesafenin tanımlanması gerekmektedir. Buna ilişkin en büyük mesafe, peron başında duracak bir tren için üç adet yarı çevrim boyu kadardır. Sıfır değeri de dahil olmak üzere bir durma noktası için, dört adet mesafe belirleme karakteristiği gereklidir ( Şekil 3-4 ).

**Çevrim Uzunluğu ( SFL ) :** Eğimli hatlarda fren yapılması durumunda, yerçekiminin etkisiyle, frenlemede bir gecikme olabileceği göz önünde tutulmalıdır.

Frenleme eğrisine ait hız adımlarının, hat eğiminden bağımsız olması için aşağıya doğru (negatif) olan eğimlerde adım aralıkları (çevrim uzunlukları) uygun bir şekilde arttırılmalıdır.

Otomatik frenleme için sürekli bir nominal fren eğrisinin oluşturulabilmesi amacıyla herhangi bir frenleme mesafesi içindeki çevrim uzunlukları araç donanımına iletilmelidir. Bu işlem için dört farklı değer gerekir :

SFL1 örneğin : + %. 40 ile - %. 1.9 eğimlerde  
 SFL2 örneğin : - %. 2 ile - %. 9.9 eğimlerde  
 SFL3 örneğin : - %. 10 ile - %. 24.9 eğimlerde  
 SFL4 örneğin : - %. 25 ile - %. 40 eğimlerde

**Bölgenin Tanımlanması ( BK ) :** Odometre cihazı, fren eğrisi içindeki her çevrimin değişim noktasını, senkronizasyon noktası olarak kabul eder. Böylece her seferinde yeni bir sayma işlemi başlatılır. Çevrimlerdeki değişim noktasının

tanımlanması, birbirini izleyen çevrimlere sırayla gönderilen iki bilgi sayesinde gerçekleştirilir.

**Boş / Dolu Tren Tanımlaması ( LZ / FZ ) :** Şehir içi trafiğinde boş trenlerin hareketi, özel işletim kurallarıyla belirlenir. Bu tip trenlerin, yolcular tarafından kullanılmasını önlemek için, bunların peronda değil, daha önce durdurulması gerekir.

Yolcu taşıyan iki tren arasında seyreden boş bir trenin hat üzerindeki ortalama hızı diğer ikisiyle aynı olmalıdır. Boş trenler durmayacağı için, yolcu taşıyanlara göre daha düşük bir hızla çalışırlar.

İstasyon bölgelerinde yolcuların rahatsız edilmemesi için, boş trenler, açık hattaki hızlarına göre daha yavaş çalışmalıdırlar.

Bu yüzden, peronların kalkış bölümlerinde ve girişteki frenleme mesafesinde alternatif olarak taşınan bir darbe telgrafı vardır. Bu telgrafın işletim programı hem dolu hem de boş trenler içindir. Sürücü ya da makinist kabininde bulunan bir düğme ile, uygun darbe telgrafı ve tren sınıfının secimi mümkündür.

**Akımsız Çalışma ( OF ) :** Üçüncü bir rayın döşenmiş olduğu sistemlerde, trenin belli hat bölümlerinde akımsız olarak çalışması zorunludur. Bu tip işletimle ilgili bilgi tren donanımına iki sinyal şeklinde iletilir :

Akım anahtarı " Açık " veya,

Akım anahtarı " Kapalı " .

**Yedek Sinyal, İzinli Çalışma ( ES ) :** Sinyalizasyon sisteminde bir arıza meydana geldiğinde, hat boş olmasına rağmen, geçiş işareti verilmez. Bu durumda, kabin görevlisi hattın boş

olduğunu gösteren yedek bir sinyal göndermelidir. CATC donanımı yardımıyla trene iletilen bu sinyal ile, sürücüye, arızalı kısmı düşük bir hızla (örneğin 15 km / sn) geçmesi için izin verilir. Bu tip tren hareketleri, tümüyle sürücünün sorumluluğundadır. Bu durumda sürücü, treni manual olarak yönettiğinden dolayı, hattaki herhangi bir arızaya karşı acil frenleme yapmaya her an hazır olmalıdır.

Hattın herhangi bir bölümünde sinyalizasyonun kaybolması durumunda, sürücü kendi verdiği karara göre bir butona basarak "izinli çalışma" durumuna geçebilir. Bu şekilde, sinyalizasyon hatasından dolayı devreye giren acil frenleme sistemleri devre dışı bırakılmış olur. Bu durumda sürücü yine, 15 km / sa lik maksimum hızla kontrollü olarak trenin hareketini devam ettirir.

Sinyalizasyon bölgesinde sürücü, hattın ilerisindeki olası çarpışma tehlikelerinden habersiz olduğundan, izinli çalışmaya geçmeden önce, izleme kabinindeki yetkiliyle görüşmelidir. Tren, hat bilgilerini tekrar almaya başladığında, izinli çalışma durumuna son verilir.

**Güzergah Sonunun Tanımlanması ( FK ) :** Bu aşamaya kadar tanımlanan hat bilgilerinin hiçbiri, izinli çalışmanın hangi bölgede biteceğini belirleyemez. Bu nedenle çevrimlere, bu tip bir çalışmanın hangi noktada sona ereceğini belirten işaretler gönderilir. Bunun için iletilen bir darbe telgrafında, 4 farklı değer bulunur : FK1, FK2, FK3, FK4.

**Trafik Yönü ( FR ) :** Bir "Yön - seçme" sinyalinin iletilmesiyle, trenin trafik yönüne ters bir şekilde hareket etmesi önlenir. Daha önce sözü edilen hız ve mesafe ölçme cihazları, aynı zamanda aracın gittiği yön hakkında da bilgi verecek şekilde tasarlanmışlardır. Trenin, belirlenen yönde hareket etmesi durumunda zorunlu frenlemeye geçilir.

	A d 1 n		Değer Sayısı		A d 1 n		Değer Sayısı		
Start	1			Start	1				
GRUP 1	2	SFL1	Çevrim Uzunluğu	GRUP 4	2	FRA	4		
	3	SFL2			3	FRE		Trafik Yönü	
	4	HS	Yarı Çevrim		2	4	ES	Yedek Sinyal	2
	5	LBR	Uzun Frenleme Eğrisi		2	5	FK1	" Yol Açık " Sinyali	4
	6	RE	Dar Aksz. Çalış. Bölgesi		2	6	FK2		
	7	OF	Akimsız Çalışma		2	7	AE	Otom. işleme izni	2
	8	BK	Bölgenin Tanımı		2	8		Ara	2
	Sabit	1				Sabit	1		
GRUP 2	2	VG1	Limit Hız	GRUP 5	2	KF	Tren kupaajı	2	
	3	VG2			Maks. 16	3		Ara	
	4	VG3				4			
	5	VG4				5			
	6	FJ1	Çalışma Bilgisi			Maks. 16	6	ANS	İndirgenmiş cer akımı
	7	FJ2			7		AFA	Kalkış izni	2
	8	FJ3			8		FL	Sürücüsüz kullanım	2
	Sabit	1					Sabit	1	
GRUP 3	2	EK1	VAB1	GRUP 6	2	Hanning Kodu			
	3	EK2	VAB2		3				
	4	HPK1	VAB3		4				
	5	HPK2	VAB4		5				
	6	BF	İstasyon Tanımı		2		6		
	7	FZ	Dolu Tren		2		7		
	8	HPV	Durma Nokt.nın Tanımı		2		8		

Şekil 3-5 Kısa Çevrim Sistemine Ait Telgraf

**Yedek Bilgiler :** Yukarıda tanımlanan bilgilerin yanısıra, raydan araca iletilebilecek birtakım yedek bilgiler de vardır. Bunların bazıları :

Istasyondan kalkış izni ,

Tekerlek - ray arasındaki sürtünmenin zayıf olması durumunda, frenleme ivmesinin yarıya indirilmesi ,

Trenin zorunlu olarak manual çalıştırılması

şeklinde verilebilir.

### 3.3.4. " Zaman Bölmeli Çoklama " İletim Sistemi ( TDM )

Tezin ikinci bölümünde genel hatlarıyla sözü edilen " Zaman Bölmeli Çoklama " ile , hattın trenlere bilgi aktarımının ne şekilde olduğu aşağıda anlatılmıştır.

3.3.3 alt başlığıyla verilen, ray - tren arasındaki haberleşmeyi sağlayan bilgiler ve bu bilgiler için gerekli olan özel değerler bir tablo şeklinde gösterilmiştir.

No.	Bilginin Türü	Sembolü	Değer sayısı
1	Limit Hız	VG	min. 9
2	Kesim Hızı	VAB	min. 9
3	Çalışma Bilgisi	FL	6
4	Mesafenin Tanımı	EK	4
5	Durmanın Tanımlanması	HPK	4
6	Çevrim Uzunluğu	SFL	4
7	Bölgenin Tanımlanması	BK	2 (I/II)
8	Dolu Tren	FZ	2 (E/H)
9	Bos Tren	LZ	2 (E/H)
10	Akımsız Çalışma	OF	2 (E/H)
11	Yedek Sinyal	ES	2 (E/H)
12	İzinli Çalışma Sonu	FK	4
13	Trafik Yönü	FR	4

Değer sayısı  $n = 2$

Bilgilerin, hattan trene güvenilir ve pratik olarak aktarılması için, yüksek performanslı bir iletişim sistemine gereksinim duyulur. Bunun için en uygun olan sistemin, teleks haberleşmesi alanında da kullanılan " Zaman Bölmeli Çoklama " sistemi olduğu anlaşılmıştır. TDM terimi, " Time Division Multipleks " den gelmektedir.

Tren hareket ettiği anda, ray donanımı tarafından trene ardışık olarak aktarılan bilgiler, tren donanımı tarafından paralel bilgi paketlerine çevrilir. Bu şekilde, yukarıda verilen tabloya göre bir telgraf oluşturulur.

Bu telgraf, her biri eşit uzunluklu ve  $f_1$  ya da  $f_2$  frekanslarından birine sahip iletim adımlarından oluşur. İki'den fazla tanımı olan bir bilgi için, iki ya da daha fazla adım gerekmektedir. Aşağıdaki tabloda bu durum daha açıkça görülmektedir

Bir adım	$f_1$ veya $f_2$	2 tanım
iki adım	$f_1, f_1$ $f_1, f_2$ $f_2, f_1$ $f_2, f_2$	4 tanım

Normal olarak, binary kodlamada iki farklı durum ( burada  $f_1$  ve  $f_2$  ) " 0 " ve " 1 " ( binary 1 ) olarak ifade edilir. CATC sisteminde kullanılan digital devrelerde,  $f_2$  frekansı " 0 " a,  $f_1$  frekansı " 1 " e karşılık gelmektedir.

$n$  adım sayısını göstermek üzere,  $m = 2^n$  değişik bilginin kodlanması mümkündür. Aşağıda, limit hız değeri  $V_B$  ' nin kodlanmasına ilişkin bir örnek verilmiştir :

şimdi

Değer sayısı  $m = 9$

Adım sayısı  $n = 3$  iken  $m = 8$  olacağından 3 adım yetersiz kalır.

Adım sayısı  $n = 4$  iken  $m = 16$  olacağından 4 adım yeterli olur.

Burada, "değer" olarak isimlendirilen  $m$ , mümkün olan farklı durumların sayısıdır.

Değer	Adım	1	2	3	4
1		0	0	0	0
2		0	0	0	L
3		0	0	L	0
4		0	0	L	L
5		0	L	0	0
6		0	L	0	L
7		0	L	L	0
8		0	L	L	L
9		L	0	0	0
10		L	0	0	L
11		L	0	L	0
12		L	0	L	L
13		L	L	0	0
14		L	L	0	L
15		L	L	L	0
16		L	L	L	L

Sekil 3-5 'te, raydan trene gönderilen bir telgrafın genel yapısı gösterilmiştir. Buradaki asıl bilgi basamaklarına ( her grubun 2 'den 8 'e kadar olan basamakları ) aşağıdakiler de ilave edilmelidir.

**1. Başlangıç basamağı** ( 1. grubun 1. basamağı ) : Bu basamak, telgrafın başladığını bildirir ve vericiyle alıcı arasında senkronizasyonu sağlar.

2. **Ara basamaklar** ( 2 'den 6 'ya kadar olan grupların 1. basamağı ) : Bu basamaklar telgrafı 6 gruba böler. Bu ara basamakların başlangıç basamağı olarak  $f_2$  frekansı, duraklama boyunca  $f_1$  frekansı iletilir. Ara basamaklar, alıcının, duraklama esnasında gönderilen  $f_1$  ile, tümüyle " L " lerden oluşmuş ( " L " =  $f_1$  olduğu hatırlanmalıdır ) bir telgraf bilgisini ayırt etmesini sağlar. Duraklamanın başlangıcı ancak 8. " L " basamağından sonra kaydedilir.

3. **Hata belirleme kodu** : Haber iletiminin güvenilir bir şekilde korunması için, bir bilgi bloğunun sonunda belli bir kurala göre kodlanmış 7 test basamağı daha gönderilir. Ardışık olarak trene aktarılan bilgiler başlangıçta geçici olarak hafızaya alınır .

Bu komutlar işleme geçirilmeden önce, hata kodu, alıcı tarafından çözülerek belirli bir kontrol işareti elde edilir. Bu kontrol işareti elde edilmedikçe, telgrafın işleme konması mümkün değildir. Çeşitli dış etkiler nedeniyle telgrafın trene iletilmesi sırasında herhangi bir bozulma olması durumunda, hafızaya alınan tüm bilgiler silinir.

Telgrafın " Hamming Mesafesi " 4 tür. Taşınan bilginin doğruluğu ve güvenilirliği, aynı zamanda bozulan en azından dört basamağın farkedilmeden gönderilmesine ve bilginin, eldeki diğer bilgilerle karşılaştırmasının yapılmasına bağlıdır

Bununla beraber, uygulanan her telgraf basamağı için, frekans koşulundan başka aynı zamanda basamak uzunluğu şartı da arandığı için, frekansça ve sürece telgrafinkine uyan dört bozucu darbenin oluşma olasılığı oldukça azdır.

Sistemin kullanıldığı hatlardan edinilen deneyimler sonucu, yukarıdaki hata kodlama yönteminin yeterince güvenli olduğu görülmüştür.

### 3.4. PLANLAMA ESASLARI

#### 3.4.1. Ray Donanımı

**Rayların Bölümlere Ayrılması :** Tarifeye uygun tren izleme süresinin 90 sn. olduğu daha önce belirtilmişti. İstasyon bölgeleri ve giriş bölümleri için en azından üç blok bölümü gereklidir. İlk bölüm, istasyon gerisindeki kalkış bölümünün emniyet mesafesinden peronun başlangıcına kadar olan kısmı, ikinci bölüm, peronun ilk yarısını, üçüncü bölüm de peronun diğer yarısını ve emniyet mesafesini kapsamaktadır. Son istasyonda (varış noktasında), trenlerin yerleştirileceği çeşitli bölümler ve ard arda bekletileceği kısımlar bulunur.

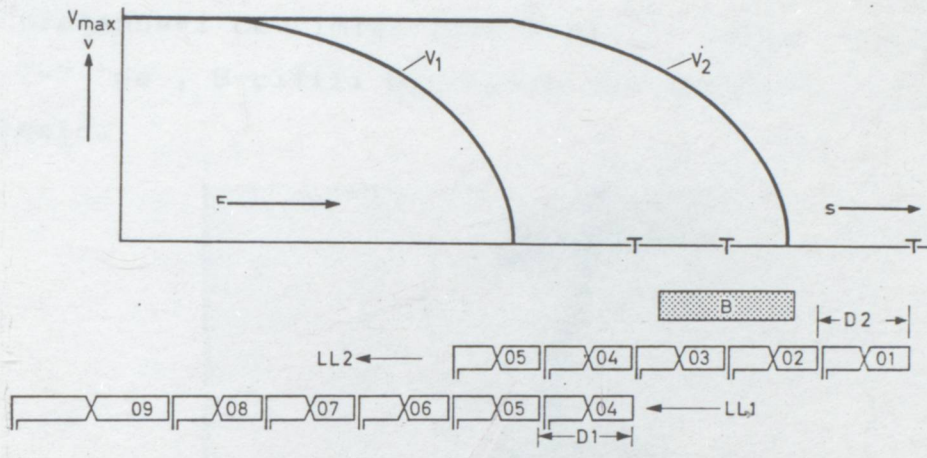
**Bilgi Bölümleri ( İletken Çevrimleri ) :** 3.2.1. deki açıklamalar doğrultusunda, hat bölümünün frenleme mesafesi içinde kalan kısmı, iletken çevrimleri şeklinde alt bölümlere ayrılmıştır.

Normal bir frenleme mesafesi için, aracın fren kapasitesine bağlı olarak, 3 ya da 3.5 çevrimlik bir uzunluk gerekmektedir. Emniyet mesafesi ise 1 çevrimlik bir uzunluktur. Fren yapma işlemi sırasında aracın kontrol donanımını " hazır " hale getirmek için de bir yarım çevrim lazım olduğundan, durma mesafesi için 4.5 ya da 5 çevrim gerekmektedir.

Şekil 3-6 ' dan açıkça görüldüğü gibi, durma mesafeleri peron sonunda ve emniyet mesafesi peronun ilerisinde ise, frenleme mesafesi 2 çevrim üzerinde olur. Genelde, bir hat ve istasyon bölümü için 9 çevrim gerekmektedir.

İstasyonlar arası mesafelerin 600 m. den küçük olması durumunda, çevrim sayıları da azaltılır. Eğer açık hat bölümü iki ya da daha fazla blok bölümüne ayrılmışsa 1200 m. den uzun

mesafeler için 9 çevrimden fazlasına ihtiyaç duyulur. Birbirini izleyen trenlerin güvenliği açısından bu gereklidir.



$V_{maks}$  Maksimum Hız

LL2  $V_2 = f(s)$  için çevrim bölümleri

LL1  $V_1 = f(s)$  için çevrim bölümleri

F Trafik yönü

B Peron

$D_2$   $V_2 = f(s)$  için emniyet mesafesi

$D_1$   $V_1 = f(s)$  için emniyet mesafesi

$V_1$  Peronun meşgul olması durumundaki  $f(s)$  frenl. eğrisi

$V_2$  Peron sonunda biten  $f(s)$  frenl. eğrisi

1-8 arası çevrimler : Standart uzunluk

9. çevrim : Farklı uzunluktaki çevrim

İstasyonlar arası mesafe : 600-1100 m.

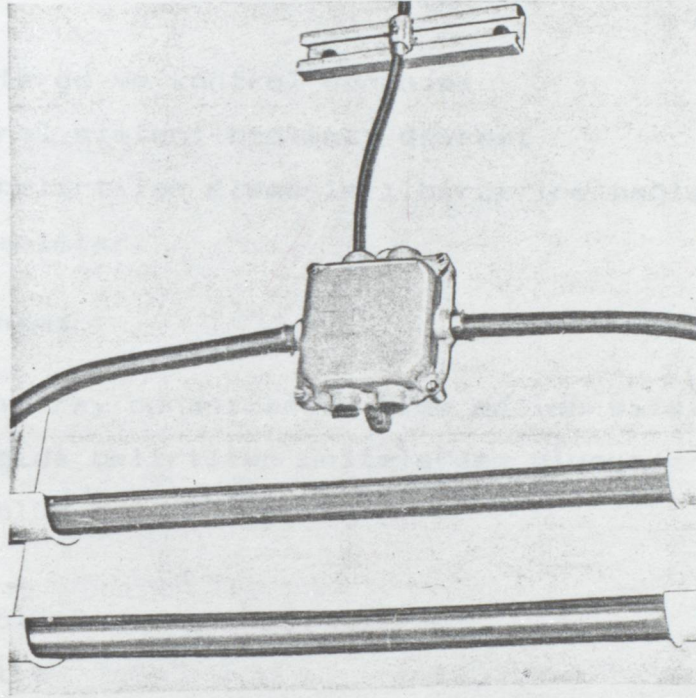
Tren hızı : 70 sn.

Sekil 3-6 Kısa mesafe çevrim sistemi

**Donanım ve Uygulanması :** Giriş bölümü, istasyon bölümleri ve bunları takip eden emniyet mesafesi, " Bölge " olarak tanımlanır ve bütün donanımın ilgili istasyonda toplandığı kabul edilir.

Hat donanımını ve sinyalizasyon sistemini birbirine bağlayan dahili kablolar vardır.

Ray donanımının yakınında bulunan cevrimlere yapılacak direkt bağlantılar için 2-çiftli kablo kullanılırken, giriş bölümünün uzağındaki cevrimler için 8-çiftli kablo kullanılır. Sekil 3-7 'de , 8-çiftli bir kablo için bağlantı kutusu görülmektedir.



Sekil 3-7

Sözü edilen 2-çiftli kablo, ray bağlantı kutusuna cevrimlerin birleştirilmesi için kullanılır. Bu kutu, iki iletken cevrimi için uygun bağlantıyı sağlayan giriş ve çıkış kablolarının bitiş noktalarını muhafaza eder.

Besleme, bir transformator ve doğrultucu devre üzerinden olmaktadır ( 380 / 220 V A.C. / 24 V D.C. ). Her hat donanımı, 360 W. lık maksimum güç harcar. Sebeke geriliminin kesilmesi durumunda 24 V luk bataryalar kullanılmaktadır.

### 3.4.2. Araç

CATC sistemi ve otomatikleştirilmiş tren işletimi aşağıdaki donanımla gerçekleştirilir ( Şekil 3-8 ) :

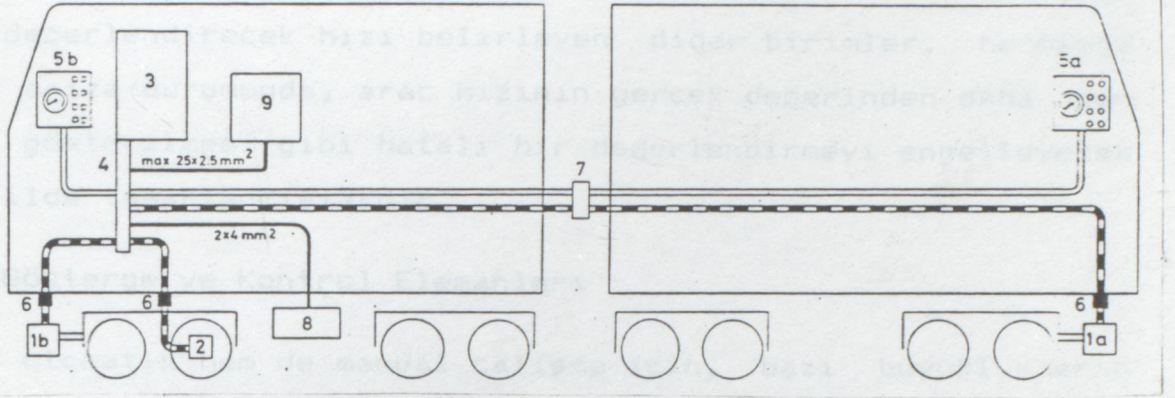
1. Araç donanımı
2. Aracın önüne ve arkasına yerleştirilmiş kuplaj bobinleri
3. Odometre
4. Kabin göstere ve kontrol donanımı
5. Tren kontrol sistemi bağlantı devresi
6. Yukarıda belirtilen elemanları birbirine bağlayan kablolar ve diğer donanımlar.

#### 1. Araç Donanımı

Araç donanımı, ray donanımından elde edilen bilgileri işleme sokar ve aşağıda belirtilen ünitelerden oluşur :

- Ana bölüm
- Alıcı
- Kod çözücü
- Odometre
- Takometre
- Hız kontrol cihazı
- Fren ve cer sistem kontrolü

Tüm modül ünitelerinde elektronik anahtarlama elemanları kullanılır. Araç donanımı  $\pm 0.1$  V toleranslı ve harmonikleri % 1 den az olan 24 V D.C. gerilimle beslenmektedir. Bu enerji, merkezdeki besleme kaynaklarından elde edilen her türlü gerilim ve akıma uyabilen "ana bölüm" den elde edilir. Aracın bulunan bataryalar ile bu bölüm arasındaki bağlantılar mümkün olduğunca kısa tutulmalıdır. Bu nedenle, araç donanımı ve bataryalar aynı araç içinde bulunmalıdır. Harcanan güç yaklaşık 150 W dır. Bir 150 W da bağlantılar ve göstergeler gibi yardımcı donanımlar için gereklidir.



- 1a ve 1b : Kuplaj bobinleri  
 2 : Elektro. odometre darbe generatörü  
 3 : Arac donanımı  
 4 : Ana terminal birimi  
 5a ve 5b : Göstergeler  
 6 : Fiş çiftleri  
 7 : Fiş çiftleri  
 8 : Bataryalar  
 9 : Cer ve fren kontrol sistemi

Şekil 3-8 : Arac donanımı

## 2. Kuplaj Bobinleri

Kuplaj bobinlerinin araca monte edilebileceği en uygun yer, sürüş yönündeki ilk dingilin üzeridir. Bu şekilde bir montaj bobinlerin ray merkezinden sadece çok az bir sapmayla dengede durmasını sağlama açısından avantajlıdır.

## 3. Odometre Darbe Üretici

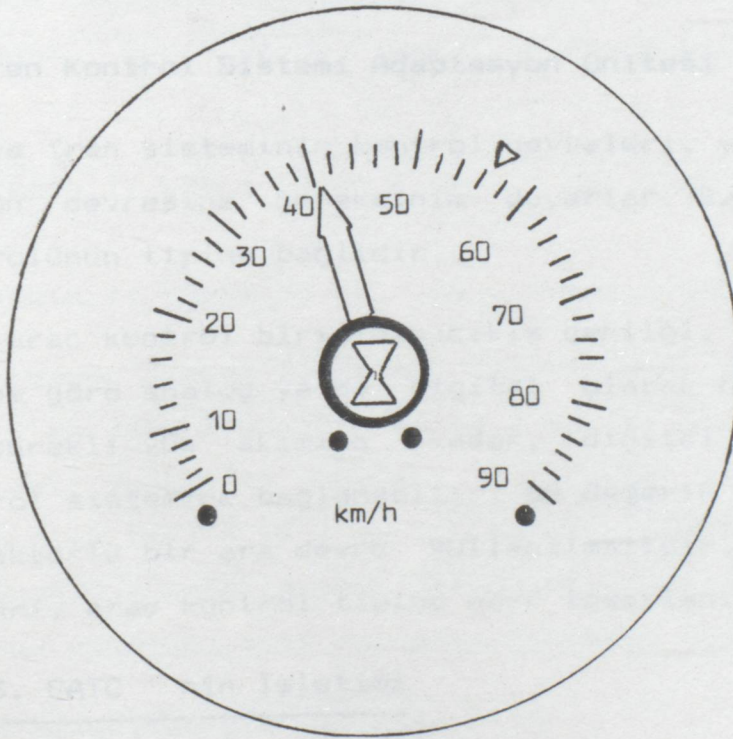
Tekerleğe monte edilmiş olan odometre darbe üretici, katedilen mesafeyi ölçerek aracın hızını tespit eder. Tekerlek ve odometre arasındaki bağlantı, odometrenin sarsıntılardan et-

kilenmeyeceği şekilde olmalıdır. Darbe üretici ve bu darbeleri değerlendirecek hızı belirleyen diğer birimler, herhangi bir arıza durumunda, araç hızının gerçek değerinden daha düşük gösterilmesi gibi hatalı bir değerlendirmeyi engelleyecek şekilde tasarlanmışlardır.

#### 4. Gösterge ve Kontrol Elemanları

Hem otomatik hem de manual çalışma için, bazı büyüklüklerin sürücü ya da makiniste sağlıklı bir şekilde ulaştırılması gerekmektedir.

— Hız Göstergesi : Bu gösterge, hem limit hız değerini hem de trenin o andaki hızını birlikte gösterecek şekilde tasarlanmıştır. Şekilde, dıştaki ok limit hızı, içteki ok ise gerçek hızı göstermektedir.



Sekil 3-9 : Hız göstergesi

— Işıklı Göstergeler :Bu gösterge aşağıdaki bilgileri verir  
 Sistem çalışıyor ,  
 Hata : Raydan sinyal gelmiyor ,  
 Trafik yönü doğru ,  
 Manual fren ,  
 Zorunlu frenleme - limit hız aşıldı

— Kontrol Birimleri : Bir " Start " tuşu yardımıyla ,  
 " otomatik çalışma " şekline geçilir. Benzer şekilde ,  
 bir anahtar ile " tren uzunluğu / tren tipi " belirle-  
 nebilir. Burada tren uzunluğu 2 , 4 , 6 gibi vagon sayı-  
 sını, tren tipi de trenin yolcu taşıyıp taşımadığını be-  
 lirler.

Bunun dışındaki diğer donanımlar ve kontrol ile ilgili  
 göstergeler uygulamanın tipine göre ( örneğin, izinli ça-  
 lışma veya yedek sinyalle çalışma gibi ) değiştirilebilir

### 5. Tren Kontrol Sistemi Adaptasyon Ünitesi

Cer ve fren sisteminin kontrol devreleri, yardımcı bir adap-  
 tasyon devresine gereksinim duyarlar. Bu devre, cer akım  
 kontrolünün tipine bağlıdır.

CATC araç kontrol biriminin çıkış genliği, diğer birimlerin  
 tipine göre analog ya da digital olarak hesaplanabilir. 2 A  
 lik sürekli yük akımına kadar, digital çıkışlar doğrudan  
 kontrol sistemine bağlanabilir. Bu değerlerin aşıldığı yüklerde,  
 kontaktörlü bir ara devre kullanılmalıdır. Ara devrenin de-  
 tayları, araç kontrol tipine göre tasarlanır.

#### 3.4.3. CATC ' nin İşletimi

Aşağıda, tren emniyeti ve otomatik tren kontrolü ile ilgili  
 en önemli işletim durumları incelenecektir.

Normal koşullarda ray donanımının insana gereksinimi yoktur, tamamen otomatik olarak çalışır. Söz konusu sistem, sinyalizasyon sisteminin durumuna göre, gerekli bilgileri trene kendiliğinden iletir.

Özel hız sınırlamalı bölgeler bir programlama cihazı yardımıyla ayrıca belirtilir.

### **Sistemin Çalıştırılması**

Her sürücü kabininde, tren donanımını harekete geçirecek anahtarlar bulunur. Benzer olarak, CATC sistemi de bir anahtarla devreye girer. Trenin tahrik düzenini ayarlayan anahtarlar kapalı olduğu sürece tren otomatik olarak hareket eder. Tren kontrol anahtarı etkin duruma getirildiğinde, manual çalışmaya geçilir.

Manual çalışmada, " Sistem çalışıyor " işareti sürücüye, donanımın sağlıklı çalıştığını bildirir ve sürücü gösterge tablosundan " Geç " ya da " Dur " şeklinde bilgi alır :

" Dur "

( Örneğin ): VGN = 25 km / sa , " Dur " göstergesi yanar.

" Geç "

( Örneğin ): VGN = 25 km / sa , " Dur " göstergesi söner.

Göstergeden okunan limit hız değeri, VGP kontrol değerinden 4 km / sa daha düşüktür. 25 km / sa lik bir limit hız değeri için acil frenlerin devreye girmesine ilişkin hız değeri 29 km / sa tir. 4 km / sa lik bu hız toleransı, sürücünün belirlenen hız değerlerini izlemesini kolaylaştırır. Tren tipi ve tren uzunluğu, tren harekete geçmeden önce tanımlanmalıdır.

### **Kabin Sinyalleriyle Çalışma**

" Dur " göstergesinin sönmesi ve yeni bir limit hız değerinin belirtilmesi, bu hız değerine kadar hızlanma ve daha

akımsız çalışmaya geçmesi için sürücüye izin verir. Hız sınırındaki herhangi bir azalma, sürücüye anında bildirilerek yavaşlamaya geçmesi için yeterli süre sağlanmış olur. " Frenleme " göstergesi, frenlemeye geçilmesi gereken noktadan yarım çevrim önce yanar.

Durma mesafesi içinde hız, kademeli olarak düşürülür. Bu sırada sürücü, frenleme eğrisine uymak zorundadır.

### Otomatik Tren İşletimi

Otomatik çalışma için start butonuna basılmalı ve tren yaklaşık 1 m. yol alıncaya kadar basılı tutulmalıdır. Bu sırada " start " işareti yanar ve tren hareket ettiği sürece yanık kalır. Start butonunun basılmasıyla pnömomatik park frenleri boşaltılarak, trene ivmelenme komutu verilir. Bir basınç anahtarıyla frenlerin boşaltılması için yeterli hava basıncının sağlanmış olması ve trenin frenler boşaldıktan sonra harekete geçmesi sağlanır.

Gerekirse start butonu, araç kapılarının kapatılması için de kullanılabilir.

İvmelenmenin lineer olarak azaltılmasıyla nominal hıza düzgün bir geçiş sağlanır. Bu işlem, nominal hız değerinin yaklaşık 5 km / sa altında başlatılır. Tren, aşağı eğimli bir yolda hareket ediyorsa servis freni, VGN limit hız eğrisine göre uygulanır. Fren kuvveti, hızdaki değişimle bağlantılı olarak ayarlanır. Bu nedenle, yerçekimi kuvveti, frenleme kuvvetiyle dengelenerek trenin sabit hızla çalışması sağlanır.

İstasyonlar arası mesafenin büyük olması ya da yukarı eğimli yollarda hareket edilmesi durumunda, cer akımı bir kez daha anahtarlanır. Bu işlem için tren hızının, nominal değerinin 12.5 km / sa altına düşmesi kriter olarak kullanılır ( buna

iliskin kesin değer, tren karakteristikleri ve hat parametrelerine göre belirlenir ). Herhangi bir yavaşlama bölgesinden yeterince önce, çalışma ve mesafeyle ilgili durum trene bildirilir. Bu durumda, yavaşlamaya düzgün bir geçiş sağlayacak Şekilde tren akımı kesilir. Nominal frenleme mesafesi boyunca,  $V = f ( s )$  nominal frenleme eğrisi izlenir. Bu işlem, hattan trene gönderilen limit hız bilgileri ve odometreden sağlanan değerler doğrultusunda gerçekleştirilir. Frenleme kuvveti, trenin gerçek hızıyla teorik hızı arasındaki farktan orantısal olarak türetilir.

Otomatik fren ayarının duyarlılığı, servis frenine göre ayarlanır. Frenleme kuvvetindeki hassas olmayan değişimler, gerçek frenleme eğrisiyle, teorik eğri arasında çok büyük sapmalara neden olur. Otomatik fren ayarı ile tren, istenen noktanın 1 m. ilerisinde ya da gerisinde durdurulabilmektedir. Tecrübeler göstermiştir ki, 25 km / sa ' in altındaki hızlarda bile frenleme kuvvetinin kontrolü ile, bu düzeyde bir duyarlılık sağlanmaktadır.

Park freni sadece, tren istenilen durma noktasına geldiğinde harekete geçirilir. Trenin durma noktasına geldiği, hız kontrol cihazı tarafından doğrulandıktan sonra, tahrik ve fren kontrol sistemiyle ilgili tüm bilgiler iptal edilir.

Hattın ( başlangıçta-ortada-sonda durma ) ve trenin ( 2-4-6 vagon ) karakteristiklerine göre , durma noktası daima istasyon girişine yakın bir noktada olmalıdır.

### **Trenin İstasyondan Ayrılması**

Herhangi bir trenin istasyondan ayrılması, sinyalizasyon ve işletim koşullarına bağlı olarak yapılır. Otomatik tren kontrol sistemlerinde, bir trenin istasyondan ayrılmaya hazır olduğunu belirleyen çok farklı kriterler mevcuttur. Bu işte görevli kişilerin bulunduğu istasyonlarda, kalkış işlemi

görevliler tarafından gerçekleştirilir. Peron görevlisi tarafından trenin hazır olduğu sürücüye bildirilir ve sürücü bunun üzerine treni harekete geçirir.

Tamamen otomatik ( insansız ) olarak çalışan istasyonlarda, sürücü tüm bu işlemleri kendisi gerçekleştirir. Bu durumda, tüm peronun ve tren kapılarının kontrolünü yaparak " start " butonuna basar ve treni harekete geçirir.

Şehir içi tren yollarına ait peronlarda, herhangi bir tehlike durumunda, gelmekte veya kalkmakta olan treni durdurabilecek acil durum sinyali bulunur. Tüm peronlarda, CATC sistemini , perona yaklaşmakta olan tüm araçların acil frenlemeye geçmesi şeklinde harekete geçirecek anahtarlar vardır.

#### **Boş Tren Hareketi**

Tren tipini belirleyen anahtarın " boş tren " konumuna getirilmesiyle, araç donanımı raydan-trene gönderilen bilgileri, yolcu taşıyan trenlerden farklı olarak yorumlar ve tren kontrolünü, boş tren hareketine göre gerçekleştirir.

Boş trenlerin yolcu taşıyan trenlere yakın seyretmelerini önlemek için, hızları 50 km / sa civarında tutulur.

Boş bir trenin herhangi bir istasyonun gerisinde durması sağlanabilir.

#### **Yedek Sinyalle Çalışma**

Ray devresinde bir arızanın meydana gelmesi durumunda veya, sinyalizasyonla ilgili bozukluklar kontrolü engellediğinde, yedek bir sinyal verilmelidir. Yedek sinyallerin ve işletimle ilgili düzenlemelerin görüntülenmesi oldukça komplekstir ve bu yüzden, sadece bir plan veya tavsiye niteliği taşır.

Sürücü kabiniindeki bir ışıklı gösterge, yedek sinyalin devrede olduğunu gösterir. Bununla beraber, trenin hareketi ancak

sürücünün, yedek sinyali almış olduğunu ve manual çalışmaya hazır olduğunu belirtmesi üzerine olur. Yedek sinyalle sağlanan çalışma, tren hız kontrol sistemini de etkileyebilir. Planlanan hız değerinden bağımsız olarak, tren hızını 15 km / sa gibi oldukça düşük bir değere indirir. Bu şekilde sürücünün, muhtemel bir dikkatsizliğinden doğabilecek herhangi bir kaza ihtimali de azaltılmış olur.

Araç donanımının bu özelliği, CATC sisteminde meydana gelebilecek arızalar veya hatalı çalışma durumlarında yedek sinyalin devreye girmesiyle, tren hareketinde devamlılık sağlar. Blok bölümlerindeki ray bilgilerinde bir kesilmenin meydana gelmesi durumunda bu bilgilere eş, yedek bir sinyal gönderilir. Böylece trenlerin durdurulması önlenmiş olur.

Blok bölümlerinde sürücünün karşılasabileceği en büyük tehlikeye önündeki trene fazlasıyla yaklaşmak olduğundan, 15 km / sa lik hız bu gibi durumlar için yeterli mesafeyi rahatlıkla sağlar.

Sinyalizasyon sahalarında raydan gelen bilgilerin kesilmesi durumunda, sürücünün herhangi bir yedek sinyali devreye alıp, trenin hareketini devam ettirme yetkisi-yoktur. İşletim kuralları, makinisti uygun olarak yönlendirmelidir.

## BÖLÜM 4

### OTOMATİK TREN KONTROLÜ

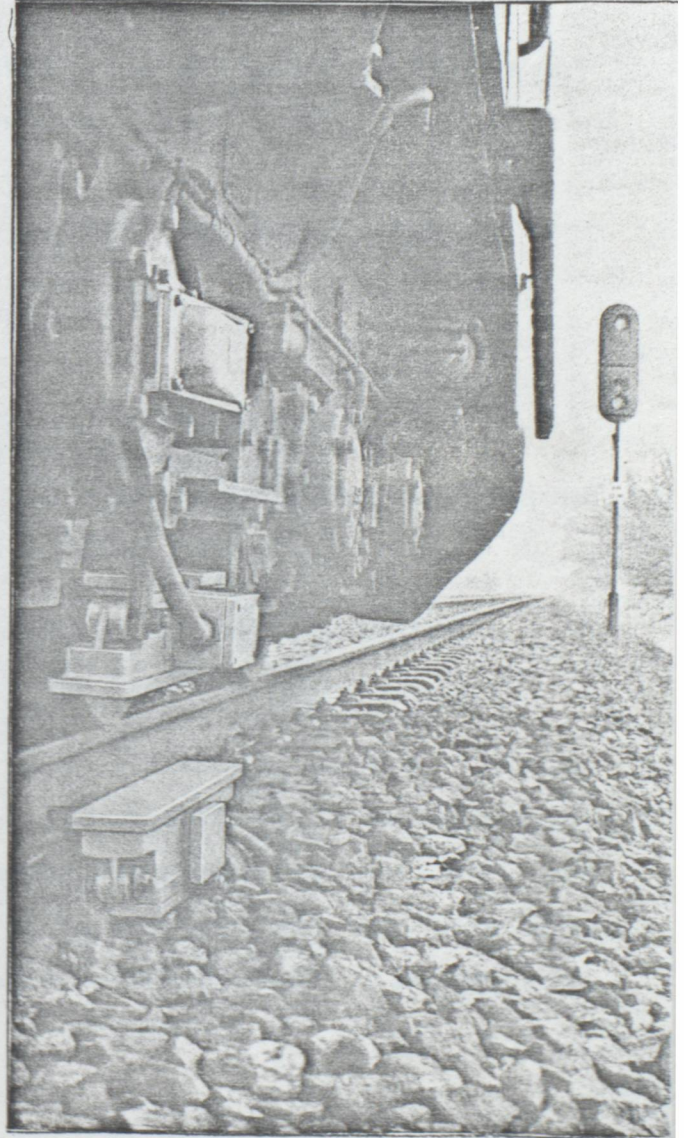
( A T C )

Tezin bu kısmında, hattın belirli bölümlerinde ya da hız sınırlaması olan bölgelerde bilginin taşınmasını sağlayan Otomatik Tren Kontrol Sistemi incelenecektir.

ATC terimi, " Automatic Train Control " den gelmekte olup, bu bölümde sık sık kullanılacaktır.

Şekilde görülen ATC sisteminin verici donanımı yardımıyla bilgiler hattın treni aktarılabilir. Bu bilgiler yardımıyla :

- Frenleme işleminin ve izin verilen maksimum hızın sürekli izlenmesi,
- Bir sonraki hat bölümü için , sürücüye gerekli bilgilerin verilmesi,
- Optik ve akustik uyarılar,
- Servis frenlemesi,
- Tehlike anında, acil frenin uygulanması mümkündür.



Şekil 4-1 Taşıma Donanımı

Endüktif tren kontrolünden edinilen olumlu tecrübeler sonucunda, yeni ATC sisteminde, bilginin taşınması için rezonans kuplajlı devre prensibinin uygulanmasına karar verilmiştir.

Günümüzde tren yolu işletiminin gereksinimleri aşağıdaki faktörler doğrultusunda artmaktadır :

- Daha yüksek seyahat hızı
- Sinyallerin çok çeşitli olması
- Sinyaller arasında, mesafenin değişken olması
- Hız sınırlamalı bölgelerin izlenmesi
- Yavaşlama esnasında trenin sürekli izlenmesi

Böylece, taşınan bilginin kapasitesini arttırmak yetmemiş aynı zamanda, işlem mantığının yeniden tasarlanması zorunlu olmuştur.

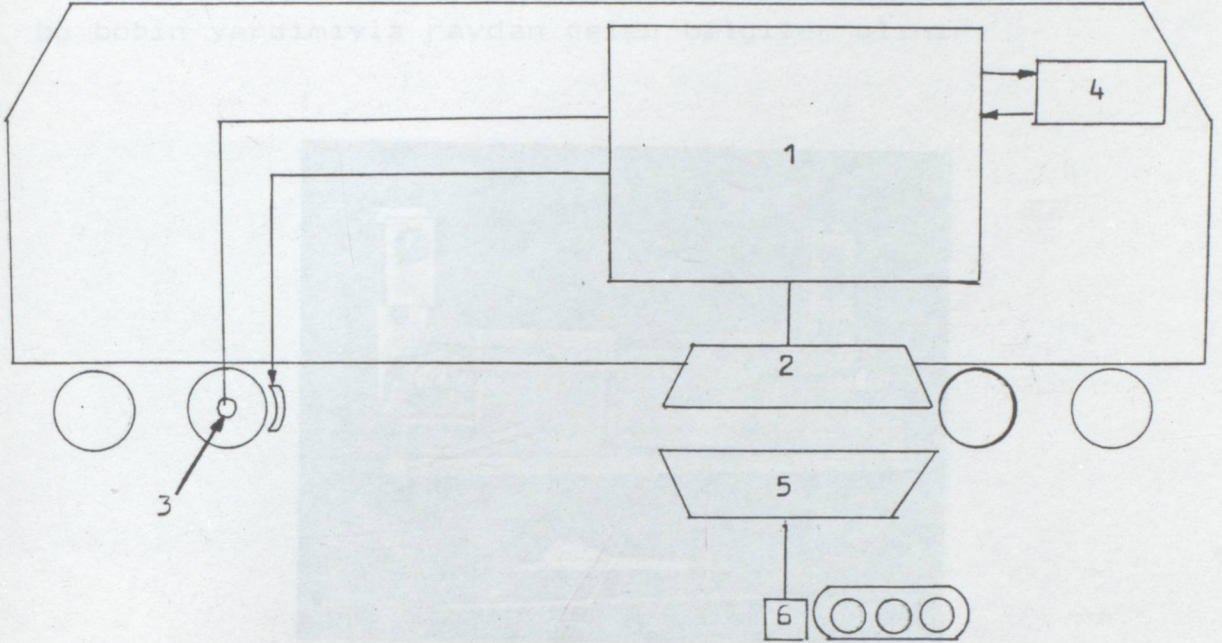
Modüler olarak düzenlenmiş ATC sistemi hem basit, hem de karmaşık işlemler için kullanılabilir.

#### 4.1. SİSTEM DONANIMI

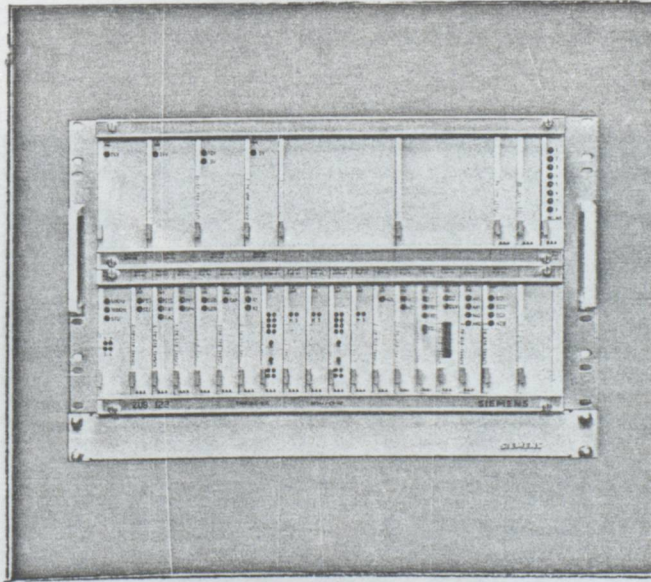
Sistem, hatta ve trende olmak üzere iki grupta toplanabilecek altı temel birimden oluşmuştur ( Şekil 4-2 ) :

Merkezi Kontrol donanımını oluşturan birimler aşağıdaki gibidir :

**1. Kontrol Birimi :** Bu birim , mantıksal işlem birimi ve bilgi alışverişini sağlayan bir donanımdır. Bu donanım, trenin içindeki bir güç kaynağından beslenmekte ve bir ara devre yardımıyla trenin pnömatik ve elektriksel frenleme devrelerini harekete geçirmektedir. Şekil 4-3 ' te Merkezi kontrol birimi gösterilmiştir.



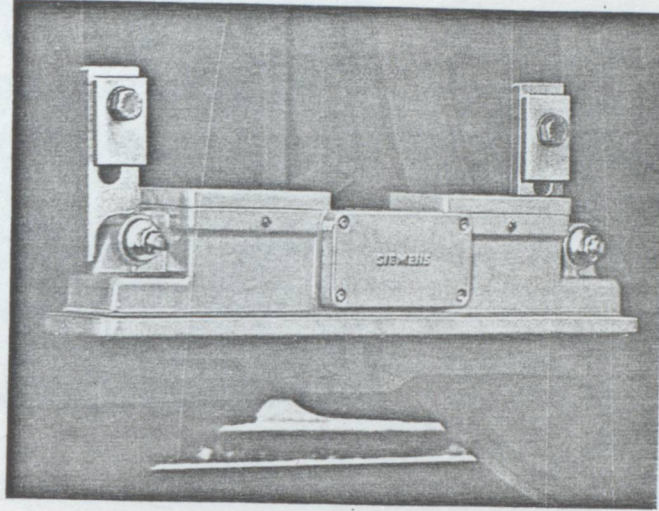
Sekil 4-2 : Donanım Birimlerinin Yerleşim Düzeni



Sekil 4-3 : Kontrol Birimi

2. Arac Kuplaj Bobini : Vagonların alt tarafına monte edilmiş bu bobin yardımıyla raydan gelen bilgiler alınır.

bu bobin yardımıyla raydan gelen bilgiler alınır.



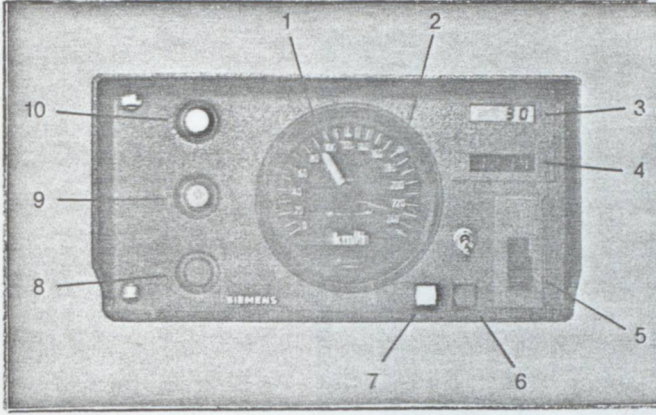
Sekil 4-4 : Arac Kuplaj Bobini

3. Odometre Darbe Generatörü : Tekerleklerin bağlı olduğu dingile monte edilmiş bu cihaz yardımıyla aracın katettiği yol ve gerçek hızı belirlenir.



Sekil 4-5 : Odometre Darbe Generatörü

4. Gösterge ve İşletim Paneli : Hız göstergeleri, lambalar ve çeşitli butonların bulunduğu bu panel, sürücüye tren hareketiyle ilgili bilgi ve uyarıların gösterilmesini sağlar.

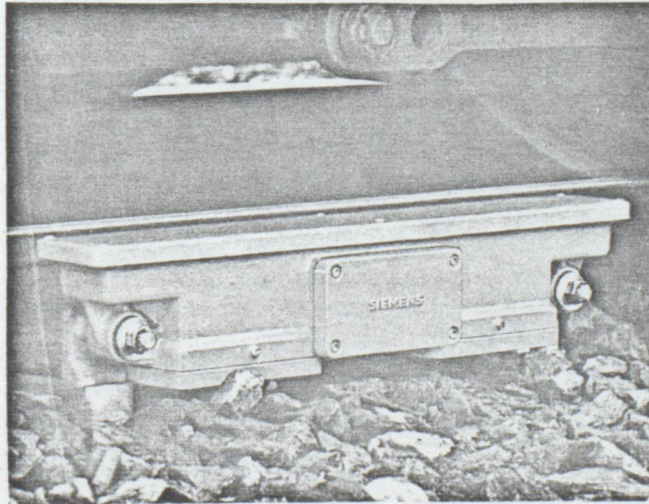


1. Gerçek hız
2. Belirlenen maks. hız
3. Hedef hız
4. Hedef mesafe
5. Bildirme butonu
6. Kaldırma butonu
7. İptal butonu
8. 'Freni başladı' gösterg.
9. 'Fren gerekli' gösterg.
10. 'İşletime hazır' göst.

Şekil 4-6 : Gösterge

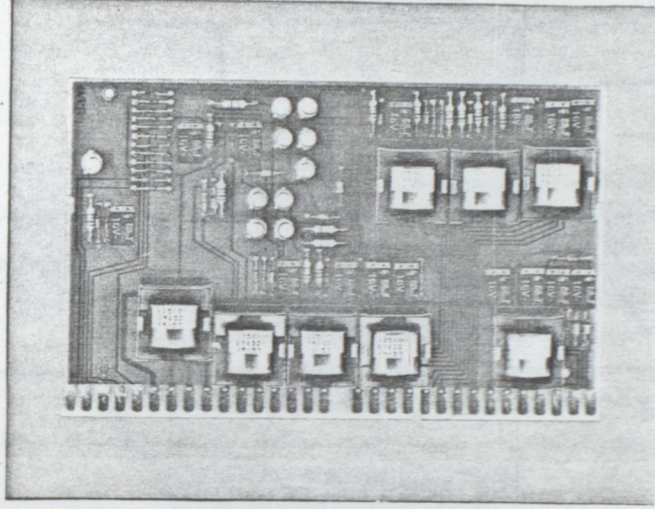
Hat Donanımı ise aşağıdaki birimlerden oluşur :

1. Ray Kuplaj Bobini : Bu bobin, rayın iç ya da dış kısmına monte edilebilir. Merkezde yer alması durumunda ise, trafik yönünü belirler.



Şekil 4-7 : Ray Kuplaj Bobini

2. Sinyal Ara Birimi : Gelen sinyalleri değerlendirerek, iletilecek bilgiyi üretir. Bununla birlikte, ray kuplaj bobininin sabit bilgi iletmesi durumunda gerekli değildir.



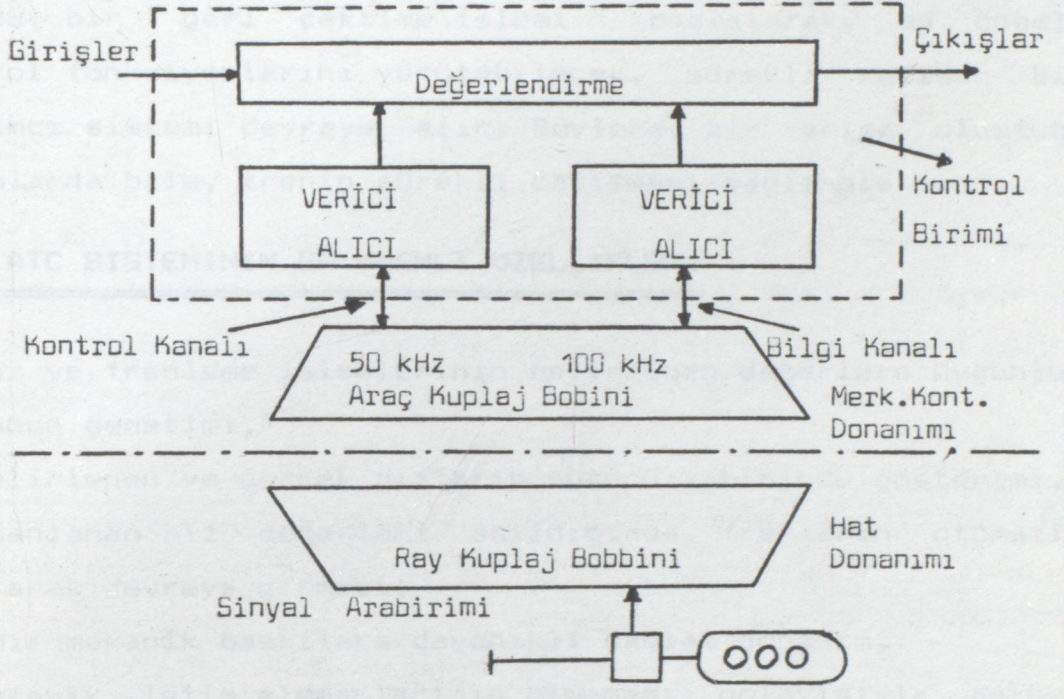
Sekil 4-8 : Sinyal Ara Birimi

#### 4.2. HABERLEŞME PRENSİPLERİ

Emniyet zeminlerinde, haberleşme sistemi iki kanal seklinde çalışır ( Şekil 4-9). Kontrol biriminde bulunan iki ayrı verici - biri bilgi kanalı, diğeri kontrol kanalı olmak üzere sürekli aynı işlemleri yaparlar. Kontrol kanalının 50 kHz lik vericisi, araç kuplaj bobinindeki rezonans ayarlı verici devresini besler. Ray kuplaj bobini ise, aynı frekansta bir pasif rezonans devresi içermektedir. Bu bobin üzerinden bir araç geçtiğinde, araç kuplaj bobininin etkin direnci artar ve bu da kontrol kanalındaki akımda bir azalmaya neden olur. Kontrol devresi bu işlemi, " bir ray kuplaj bobini üzerinden geçildi " şeklinde kaydeder.

Aynı zamanda araç, ray kuplaj bobininden geçerken, bilgi iletimi için gerekli olan enerji, bilgi kanalının 100 kHz 'lik vericisi tarafından, ray kuplaj bobinine endüktif olarak

iletilir. Böylece, sadece endüktif kuplaj yoluyla, araç bilgileri başka bir güç kaynağına gereksinim olmaksızın iletilir.



Şekil 4- 9 : İletim Seması

Birbirinden bağımsız iki kanalın kullanılmasıyla, veri aktarımında hatalar önlenir. Bir hatanın oluşması, örneğin kanallardan birinin çalışmaması ya da bilgi iletiminde bir eksikliğin oluşması durumunda, hata hemen belirlenir ve sürücü uyarılır.

Kontrol birimi, alınan sinyaller ve kalkış anından önce sürücü tarafından verilen araç bilgileri sayesinde, frenleme eğrilerini hesaplayarak, frenlerin faaliyete geçeceği noktaları bulur. Hattın her noktasında, hız ve frenleme işlemleri sürekli olarak izlenir.

Özel kontrol programları ve test yöntemleri kullanılarak, sistemin normal çalışıp çalışmadığı sürekli olarak kontrol edilir.

Bilgi işlemede, herhangi bir hata oluşması durumunda, otomatikman acil frenlemeye geçilir. Bu durumda tren sürücüsü bir hata butonuna basarak frenlemeyi iptal edebilir. Aynı anda aşağıda, ATC sisteminin çalışmasına ilişkin bazı durumlar açıklanmıştır:

kontrol fonksiyonlarını yürütebilecek, sürekli çalışan bir yardımcı sistemi devreye alır. Böylece, bir arıza olduğu durumlarda bile, trenin sürekli çalışması sağlanmış olur.

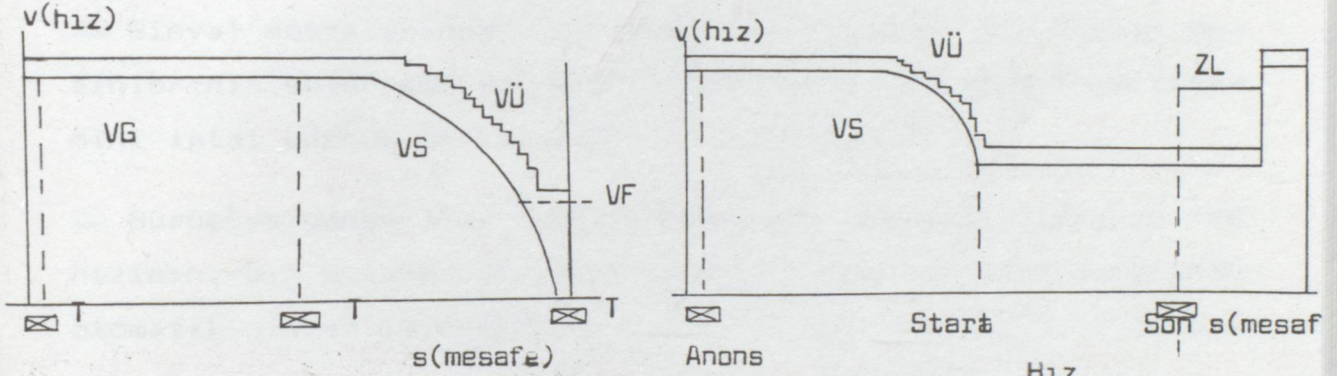
#### 4.3. ATC SİSTEMİNİN EN ÖNEMLİ ÖZELLİKLERİ




- Hız ve frenleme işlemlerinin belirlenen değerlere uygunluğunun denetimi,
- Belirlenen ve gerçek hızların sürücü kabininde gösterimi,
- Planlanan hız değerleri aşıldığında, frenlerin otomatik olarak devreye girmesi,
- Ağır mekanik baskılara dayanıklı sağlam donanım,
- Mekanik iletim elemanlarının olmaması, dolayısıyla aşınma ya da parçalanma gibi sorunların çıkmaması ve min. bakım,
- Tüm iklim koşullarında ( sıcaklık, yağmur, kar gibi ) çalışabilme özelliği,
- Elektriksel ve manyetik girişimlerin engellenmesi,
- Ray donanımı için herhangi bir güç kaynağına gereksinim duyulmaması,
- 250 km / sa - 350 km / sa lik hızlara kadar çalışabilme,
- Araç ve ray kuplaj bobinleri arasında 140 mm. - 240 mm.lik hava aralıklarında  $\pm 50$  mm. toleransla çalışabilme özelliği,
- Bilgilerin sinyallerden kolaylıkla türetilmesi ve ek donanıma gerek duyulmaması,
- Elektriksel elemanların endüstriyel standartlarda olması,
- Diyagnostik donanımlar yardımıyla, hataların kolayca bulunması,
- Tümöyle modüler tasarım sayesinde tüm birimlerin kolaylıkla değiştirilmesi.


#### 4.4. ATC SİSTEMİNİN UYGULAMASI

Asağıda, ATC sisteminin çalışmasına ilişkin bazı durumlar açıklanmıştır :

Sekil 4-10 'da üç sinyal türü gösterilmiştir. Alışıldığı gibi " yol açık " sinyali yeşil ışık, " Dikkat " sinyali sarı ışık, " Tehlike " sinyali ise kırmızı ışık olarak görülmektedir. Her sinyal noktasında, bir ray kuplaj bobini bulunmaktadır ve bu bobinler yardımıyla sinyalin türü, hareket halindeki trene bildirilir.



-  Yol açık sinyali (yeşil)
-  Dikkat sinyali (sarı)
-  Tehlike sinyali (kırmızı)

-  Ray Kuplaj Bobini
- VG Limit Hız
- VF Serbest Hız

Hız Sınırlamalı Bölge

- VS Belirlenen Max. Hız
- VÜ İzlenen hız
- ZL Tren Uzunluğu

Sekil 4-10 : Hat Sinyalizasyonu

Sekil 4-11 : Hız Sınırlı bölgelerin sinyalizasyonu

Kontrol birimi, izin verilen VS hızını sürekli olarak kontrol eder ve görüntüler. Yeşil ışık geçildikten sonra bu, VG limit hız olarak, yani aracın o anda içinde bulunduğu bölüm için izin verilen maksimum hız olarak gösterilir. Sarı ışık geçildikten sonra, kırmızı ışığa varmadan önce trenin durdurulabilmesi için, durma noktasına olan mesafeye göre tren hızı

devamlı olarak azaltılır. Eğer izin verilen hız aşılsa, tren sürücüsü hem optik hem de akustik bir uyarı sinyali alır. VÜ hızına ulaşıldığı halde sürücünün buna müdahale etmemesi durumunda, araç otomatik olarak frenlemeye geçer.

Belli aralıklarla çalışan otomatik tren kontrol sistemi sadece, ray kuplaj bobinlerinin bulunduğu hat bölümlerinde trene bilgi iletebilir. Bu, sinyallerin değiştiği durumlarda, az da olsa gecikmelere yol açabilir.

Oysa bu gecikmeler aşağıdaki yöntemler sayesinde engellenebilir :

— Sinyal noktalarından çok önce, hat bölümüne ray kuplaj bobinlerinin eklenmesi ve henüz başlatılmış olan frenleme işlemini iptal edecek bir sinyalin oluşturulması.

— Sürücüye gönderilen özel komutlarla, örneğin izlenen VÜ hızının, bir butona basılarak belirli bir program dahilinde otomatik olarak izlenmesi.

Hız sınırlamalı bölgeler, otomatik tren kontrolü ile yönetilebilir yani hızın, belirtilen şekilde azaltılıp azaltılmadığı kontrol edilir.

Şekil 4-11 'de hız sınırlamalı bölgenin sinyalizasyonu ile ilgili bir örnek gösterilmiştir : Hız sınırlamalı bölgelerden önce, izin verilen maksimum hız uygulanır. Önceden belirlenen frenleme eğrisine göre, hız sınırlamalı bölgenin öncesinde araç frenlenerek, belirlenen hıza düşürülür. Kontrol birimine daha önce bildirilmiş olan ZL tren uzunluğuna göre, son vagon da hız sınırlamalı bölgeyi geçene kadar izin verilen hız uygulanır.

Trenin içine bir mikrobilgisayarın yerleştirilmesiyle, hedeflenen hıza ek olarak, değişken maksimum seyr hızları, hat eğimleri, ilave sinyalizasyon bilgileri ve iki sinyal arası

mesafe gibi bilgiler değerlendirilebilir. Bu bilgiler, gerçek hız, katedilen mesafe, trenin frenleme eğrisi ve izin verilen maksimum hız gibi trenle ilgili verilerle birlikte, mikrobilgisayar tarafından hesaplanarak çıkış verisi şeklinde değerlendirilir.

Trenin hareket halindeki hızı, planlanan hız, durma noktasına olan uzaklık, ve hedeflenen hız değerleri kabin göstergesinde görüntülenir.

Tren servise çıkmadan önce sürücü, merkezi kontrol donanımının doğru çalışıp çalışmadığını kontrol eder. Bir test butonuna basarak kontrol programını devreye sokar. Bu program tüm fonksiyonları ve kabin göstergesini test ederek, hata olup olmadığını teşhis eder.

Ek olarak, uygulanan frenleme eğrisine göre, önceden belirlenmiş yavaşlama değerleri sürücüye gösterilir. Aynı zamanda hatasız bir çalışma için frenleme sistemi de kontrol edilir.

Herhangi bir kaza durumunda, frenleme sisteminin ne zaman çalıştığının belirlenebilmesi için, frenleme ile ilgili tüm hareketler bir kayıt cihazı tarafından kaydedilir.

#### 4.5. ATC SİSTEMİNİN FARKLI UYGULAMALARI

Farklı trenyolu işletmelerinin farklı gereksinimleri olduğundan, bunları karşılamak için de otomatik tren kontrolü ile ilgili farklı tasarımlar geliştirilmiştir.

Örneğin, veri iletimi için 2. bölümde ayrıntılı olarak ele alınmış olan iki değişik çalışma şekli mümkündür :

— **Frekans Bölmeli Çoklama** : Bu iletim metoduyla, veriler paralel olarak aktarılmakta ve 21 farklı veri iletilebilmektedir.

— **Zaman Bölmeli Çoklama** : Seri olarak gönderilen 96 basamaklı bir telgraf sayesinde, 27 adet farklı durumun aktarılması. Bu şekilde, daha gelişmiş bir sistem olan CATC sisteminde tren - ray arası haberleşmenin sağlanabileceği daha önceki bölümde görülmüştü.

Yukarıda belirtilen iki farklı veri iletiminden başka, verilerin işlenmesiyle ilgili 3 " standart " veri işleme yöntemi geliştirilmiştir :

— Düşük çalışma seviyelerine uygun olan **basit veri işleme** yöntemi.

— İleri çalışma seviyelerine uygun, **tek bilgisayarlı veri işleme** yöntemi.

— İleri çalışma seviyelerine uygun, **çift bilgisayarlı veri işleme** yöntemi.

Gerekli olan işlemci performansına göre, 8 ya da 16 bitlik mikrobilgisayarlar kullanılır.

Her iki iletim metodu da, tüm veri işleme yöntemleriyle birlikte kullanılabilir.

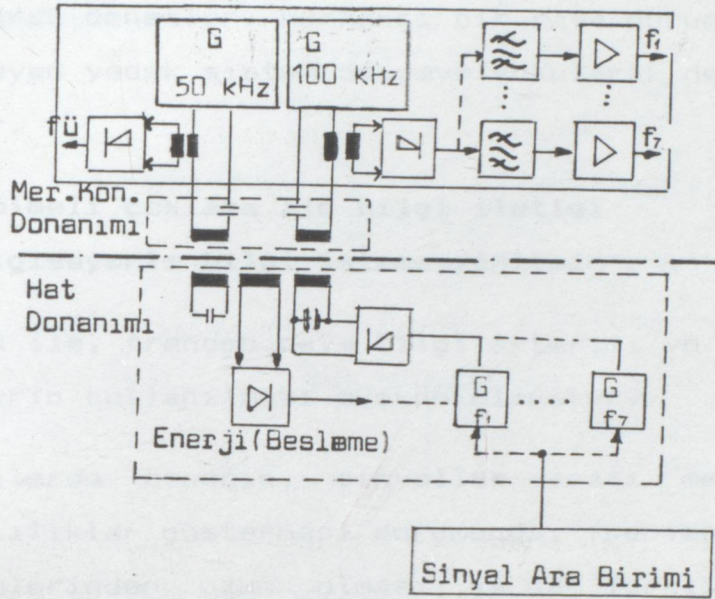
Otomatik tren kontrolü ile ilgili en çok kullanılan veri iletim ve işletim yöntemlerinin farklı olduğu iki uygulama şekli aşağıdaki bölümlerde verilmiştir :

### 1. Frekans bölmeli çoklama ile bilgi iletimi

#### Tek bilgisayarlı veri işleme yöntemi

Bu sistem özellikle, araca aktarılacak bilgilerin 21 ile sınırlı olduğu küçük sistemlerde kullanılır. Şekil 4-12 ' de 50 kHz 'lik kontrol kanalı ve aynı zamanda enerjiyi de taşıyan

100 kHz 'lik veri aktarım kanalı ile birlikte sistemin genel yapısı görülmektedir.



Sekil 4-12 : Blok Diyagram

( Frekans Bölmeli Çoklama Modunda )

Bu uygulamada, frekans bölmeli çoklama sistemi, aşağıdaki prensipler doğrultusunda çalışır :

Ray üzerinden geçen bir araç, ray kuplaj bobinine bir enerji aktarır. Gelen sinyallere göre, G1.....G7 ile gösterilen osilatörlerden bazıları anahtarlanarak bir osilasyon oluştururlar ve 100 kHz 'lik araç devresini modüle ederler.

Demodülasyondan sonra , alınan ses frekansları (  $f_1$  ' den  $f_7$  ' ye kadar ) bir seçici filtreden geçirilerek, herbiri bir komut olarak işleme sokulmak üzere, mikrobilgisayara gönderilir. 7 ses frekansıyla, 21 tane verinin aktarımı mümkündür. Mikrobilgisayarlar, alınan bilginin kodunu çözerek, daha sonraki verileri alıncaya kadar, bızın izlenmesi ve görüntülenmesi gibi diğer işlevleri yerine getirirler. Aynı zamanda, tren bir kuplaj bobininden geçerken, aracın verici devresindeki kontrol kanalından geçen akımda bir azalma olup

olmadığını yani,  $f_a$  kontrol frekansının varlığını kontrol eder. Çünkü eğer bir azalma varsa,  $f_a$  elde edilemez.

Tüm bu işlemler sırasında test programları, mikrobilgisayarı sürekli olarak denetler. Herhangi bir hata durumunda, sürekli hazır bekleyen yedek sistem devreye sokularak denetim işlemini üstlenir.

## 2. Zaman bölmeli çoklama ile bilgi iletimi Çift bilgisayarlı bilgi işleme yöntemi

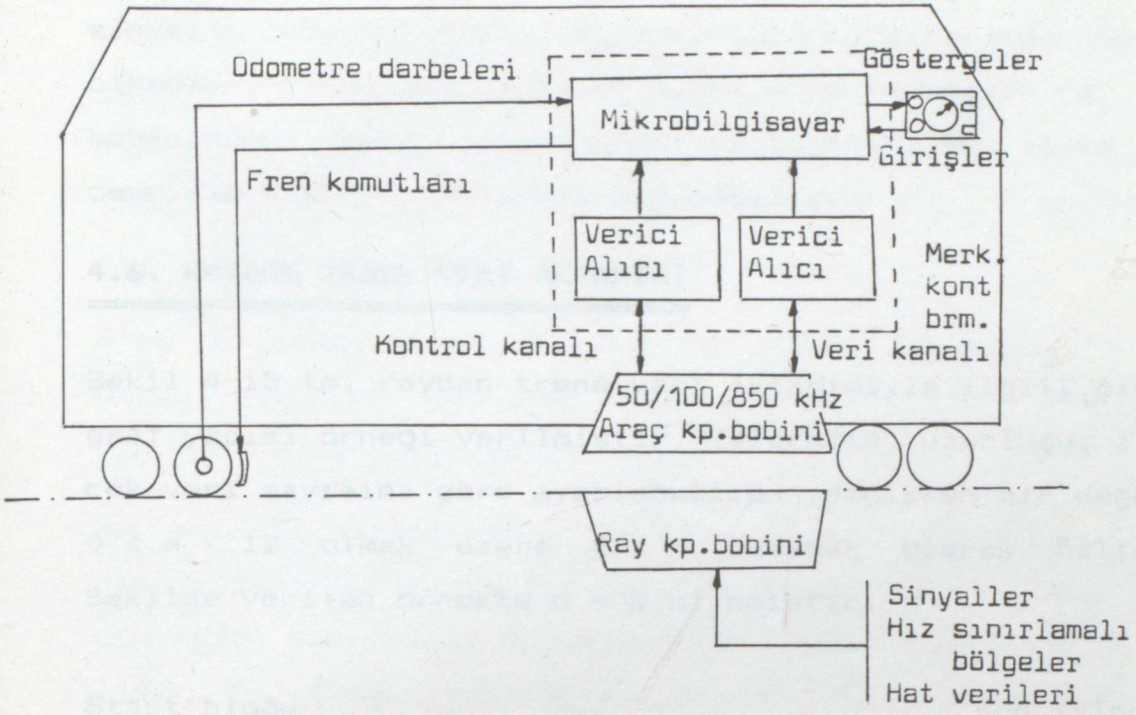
Bu uygulama ile, trenden raya bilgi aktarımı ve alıcı / verici çevrimlerin kullanılması mümkün olmuştur.

Belli koşullarda örneğin, sinyaller arası mesafelerin çok büyük farklılıklar göstermesi durumunda, frenleme mesafesinin blok bölümlerinden uzun olması, ya da farklı hızlar için farklı emniyet mesafelerine gerek duyulması halinde, 21 verinin iletildiği bir haberleşme sistemi yetersiz kalır.

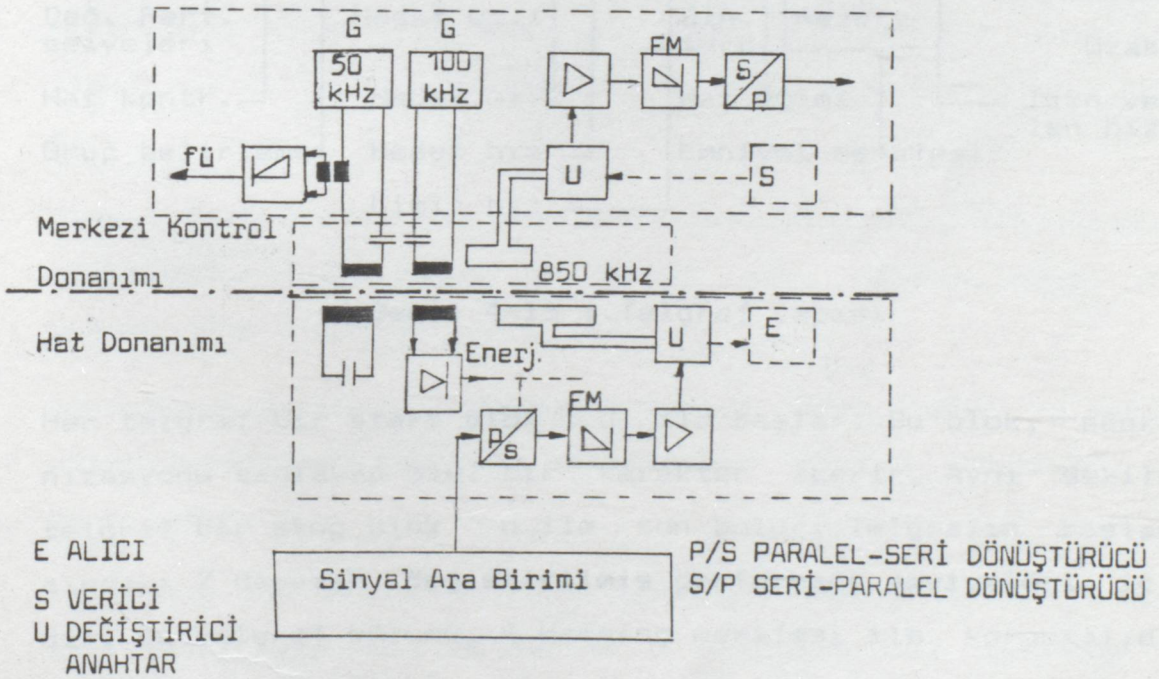
Böyle koşullar için, ATC sisteminin bu uygulaması daha uygundur. Bir telgraf şeklinde oluşturulan veri, trene seri olarak iletilir. Sadece, enerjinin taşındığı 100 kHz 'lik kontrol kanalı değişmez ( Şekil 4-12 , 4-13 ).

İletilecek sinyal durumlarına bağlı olarak tüm hat verilerini içeren telgraf, bir giriş devresi tarafından seçilir. İletimde meydana gelebilecek girişimleri önlemek amacıyla, Hamming Mesafesi 4 olan, bir kod korumalı veri bloğu kullanılmaktadır. 850 kHz 'de çalışan bir verici, telgrafın trene gönderilmesini sağlar.

Kontrol birimi içinde bulunan alıcı, iletilen bilgiyi yükselterek, demodüle eder. Bu sistem, 350 km / sa 'lik hızlarda bile, üç telgrafın emniyetli bir şekilde taşınmasını sağlayabilecek şekilde tasarlanmıştır.



Şekil 4-13 : İşletim şekli - TDM Modunda



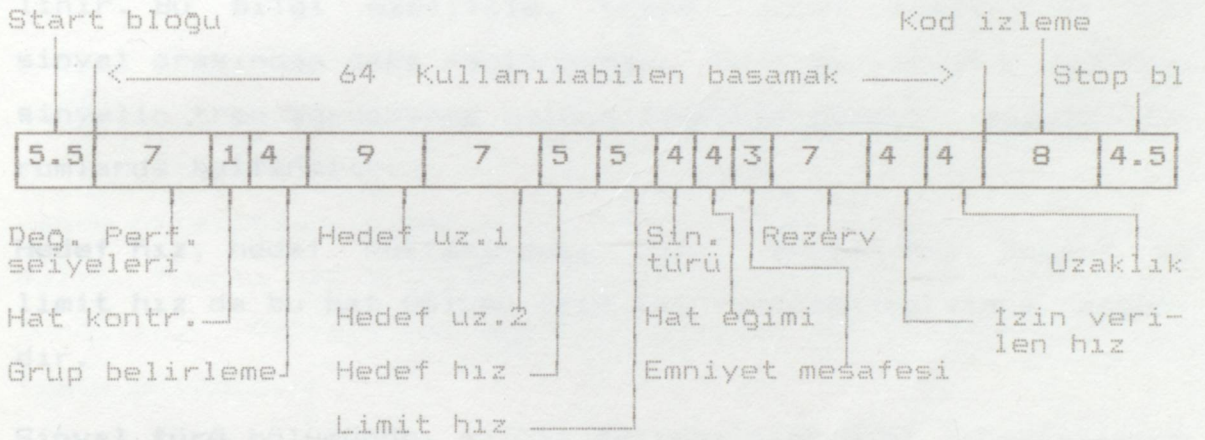
Şekil 4-14 : Blok Diyagram

( Zaman Bölmeli Çoklama Modunda )

Zaman bölmeli çoklama ile bilgi iletimi sayesinde, örneğin sinyalin "kırmızı" dan "yeşil" e geçmesi sırasında oluşan gecikmeler, sinyalden yüzlerce metre önce telgrafın ray kuplaj bobininden trene aktarılması ile önlenir. Bu, ilave iletim çevrimlerinin kullanılması ile yapılır.

#### 4.6. RAYDAN TRENE VERİ AKTARIMI

Şekil 4-15 te, raydan trene veri aktarımıyla ilgili bir telgraf yapısı örneği verilmiştir. Telgrafın uzunluğu, iletilecek veri sayısına göre ayarlanabilen değişken bir değer olup  $0 < n < 12$  olmak üzere  $8 \times n$  basamak olarak belirlenir. Şekilde verilen örnekte  $n = 8$  alınmıştır.



Şekil 4-15 : Telgraf yapısı

Her telgraf bir **start blok** ' u ile başlar. Bu blok, senkronizasyonu sağlayan özel bir karakter içerir. Aynı şekilde, telgraf bir **stop blok** ' u ile son bulur. Telgrafın başlangıcındaki 7 basamak, **değiştirilmiş performans seviyeleri** içindir. Bu telgraf bölümü, 4 Hamming mesafesi ile korunmalıdır. Bu şekilde, 7 farklı sinyal araca tamamiyle korunmuş bir şekilde iletir.

Birbirinden bağımsız iki telgraf generatörü, ray kuplaj bobini içine yerleştirilmiştir. Üretilen her telgraf diğerinden farklıdır ve bu basamakla hat kontrolü gerçekleştirilir. Böylece, ray kuplaj bobininin doğru bir şekilde çalışıp çalışmadığı kontrol biriminde belirlenebilir.

**Grup belirleme blok** 'u, hangi ray kuplaj bobininin bilgi verdiğini belirler. Her grup belirleme bloğu, belli bir telgraf uzunluğuna karşılık gelir.

Bir sonraki kuplaj bobinine olan uzaklık, **hedef uzaklık 1** olarak belirlenir. Benzer şekilde bir sonraki, yani geçilen sinyalden sonraki 2. kuplaj noktası **hedef uzaklık 2** olarak alınır. Bu bilgi özellikle, trenin durma mesafesinin iki sinyal arasından daha fazla olması halinde ve bir sonraki sinyalin tren sürücüsüne bildirilmesinin gerekli olduğu durumlarda kullanılır.

**Hedef hız**, hedef noktasındaki izin verilen hız değeri ve **limit hız** da bu hat bölümü için izin verilen maksimum değerdir.

**Sinyal türü** bölümünde, izinli çalışma gibi özel sinyalizasyon bilgileri, ve **hat eğimi** bölümünde ise, eğimin aşağı ya da yukarı olup olmadığı belirtilir.

Sonraki üç basamak, **emniyet mesafesi blok** 'udur ve serbest hızları belirten emniyet mesafesinin iletim uzunluğu için gereklidir.

Telgrafın son bölümünde, istasyonlardaki varış ve kalkış alanları için, **izin verilen hız** ve bu alanlara olan **uzaklık** ile ilgili bilgiler verilir. En son 8 basamak ise **kod izleme** basamağıdır.

**BOLÜM 5**  
**OTOMATİK TREN KONTROL SİSTEMİNİN İSTANBUL METROSUNA**  
**UYGULANMASI**

Bir İsvec firması olan ABB ve YAPI MERKEZİ işbirliği ile gerçekleştirilen **İstanbul Metro Sistemi** 'nde ERICAB 700 tipi ATC sistemi kullanılmıştır.

Tezin bu bölümünde, sistemin ayrıntılarına girmeden önce aşağıda İstanbul Metro Sistemi hakkında çok genel bilgi verilmiştir :

Kısaca IMV " İstanbul Metro Vehicle " olarak isimlendirilen sistem, 70 tanesi sürücü kabinli 105 üniteden oluşmaktadır. Sürücü kabinli araçlar MD- tipi, sürücü kabini olmayıp, sadece vagon niteliğinde olanlar ise M- tipi araçlar olarak isimlendirilir. Trenin her iki tarafında da mutlaka bir MD- aracı bulunmalıdır. ATC sistemi hem ray boyunca, hem de MD- aracında tesis edilmiştir.

### 5.1. SİSTEMİN YAPISI

Sistem iki bölüm halinde incelenebilir:

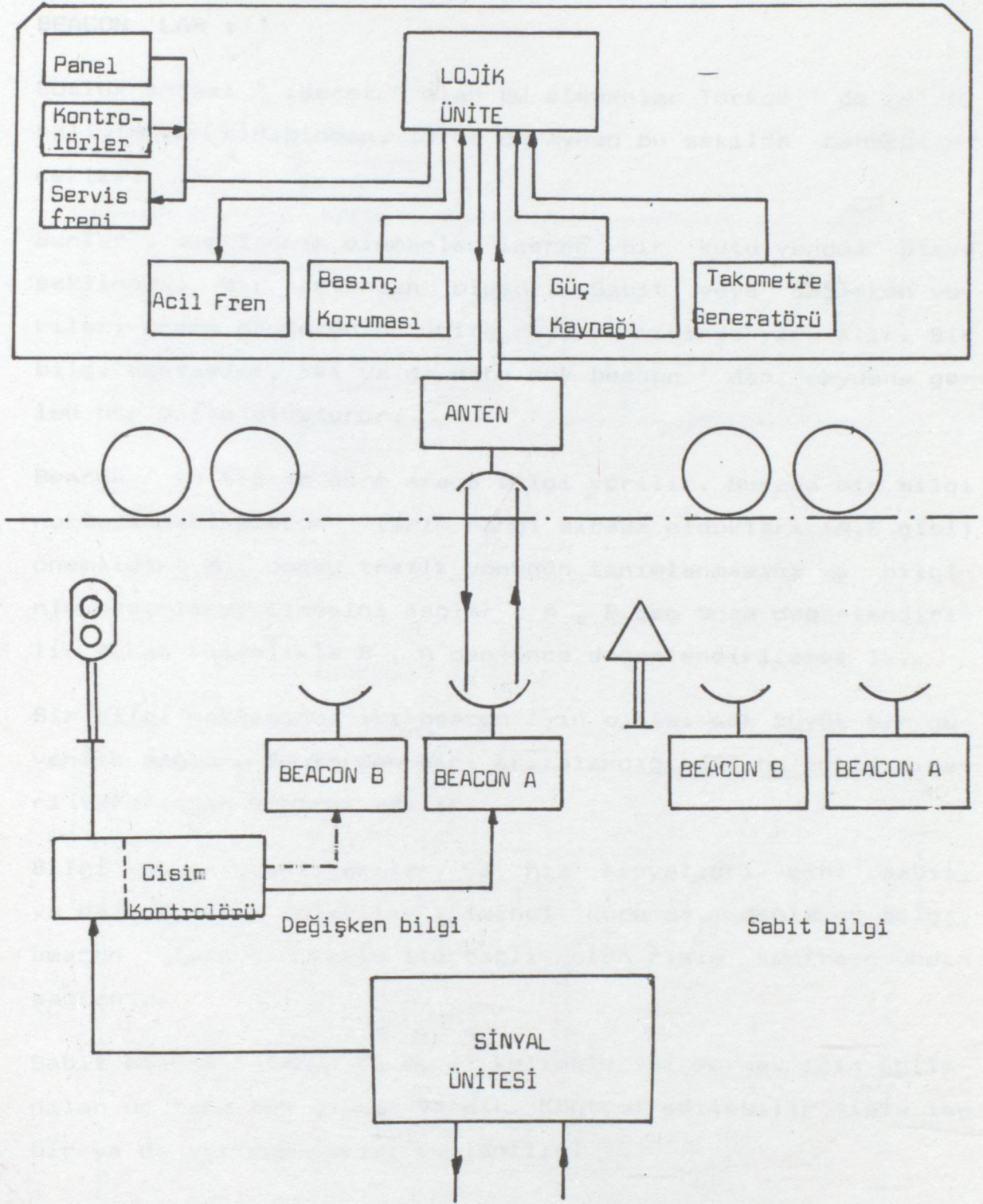
- Ray Donanımı
- Araç Donanımı

Şekil 5-1 de bu donanımlar blok halinde gösterilmiştir.

#### 5.1.1 Ray Donanımı

Donanım aşağıda belirtilen bölümlerden oluşmuştur:

- Beacon 'lar
- Sinyalizasyon sistemi ile bağlantıyı sağlayan ara elemanlar



Şekil 5-1

## BEACON 'LAR :

Sözlük anlamı " isaret " olan bu elemanlar Türkçe ' de de bu haliyle yer aldığından, tezde de aynen bu şekilde bahsedilecektir.

Bunlar , elektronik elemanlar içeren bir kutu ve düz plaka şeklindeki bir antenden oluşur. Sabit veya değişken verileri trene gönderen bu ünite raylar arasında yer alır. Bir bilgi noktasını, iki ya da daha çok beacon ' dan meydana gelen bir ünite oluşturur.

Beacon ' ın tipine göre araca bilgi verilir. Burada bir bilgi noktasındaki beacon ' ların hangi sırada oldukları (A,B gibi) önemlidir. Bu, doğru trafik yönünün tanımlanmasını ve bilginin değerlendirilmesini sağlar ( A , B den önce değerlendirilir fakat kesinlikle B , A dan önce değerlendirilemez ) .

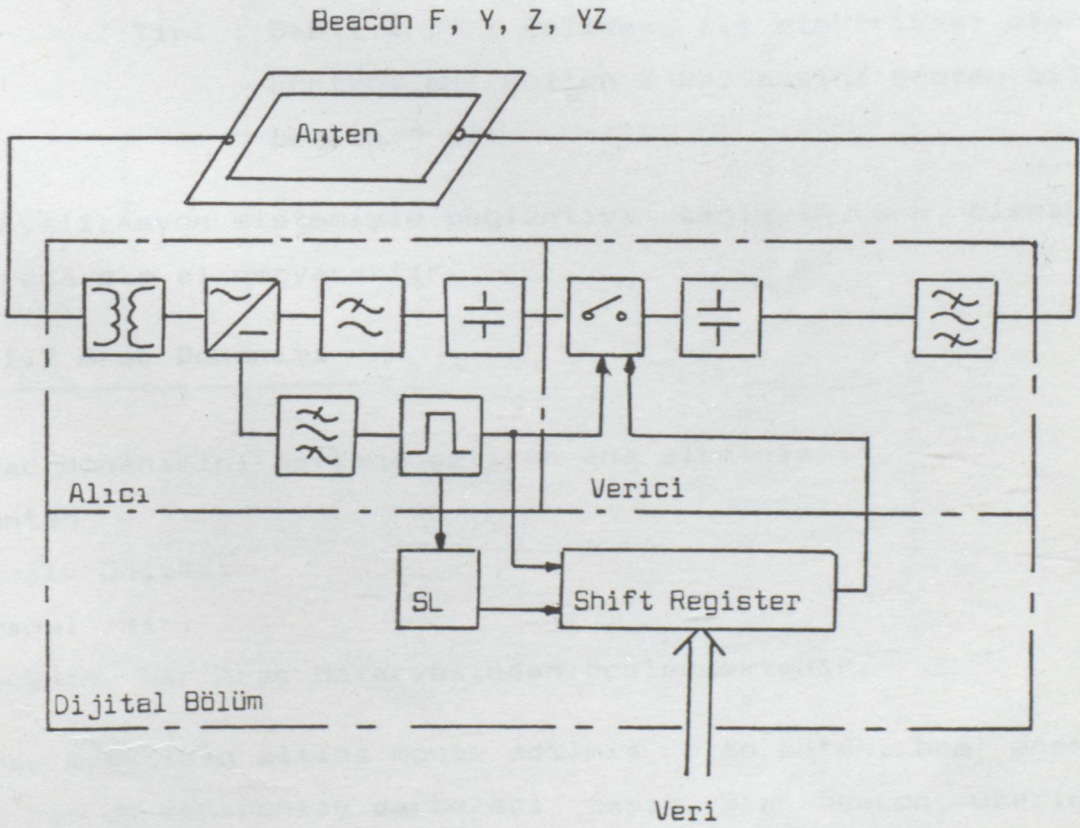
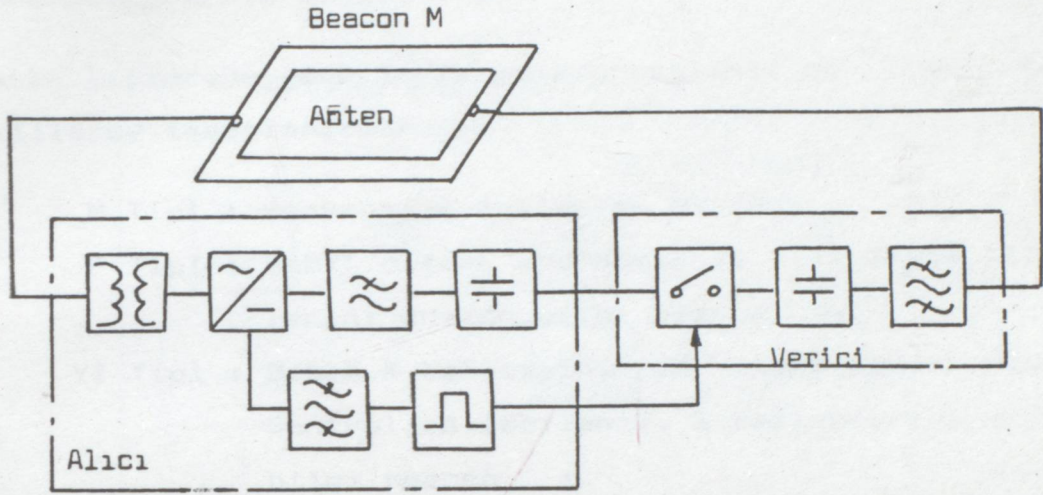
Bir bilgi noktasında iki beacon ' ın olması çok büyük bir güvenlik sağlar. Bunlardan biri arızalandığında, bu nokta diğeri tarafından kontrol edilir.

Bilgi noktasındaki veriler, ya hız sinyalleri gibi sabit, ya da değişken olabilir . İkinci durumda, değişken bilgi, beacon ' lara bir kablo ile bağlı olan cisim kontrolöründen sağlanır.

Sabit beacon ' larda X, Y, Z kelimelerini vermek için kullanılan üç tane kod çıkışı vardır. Kontrol edilebilir tipte ise bir ya da iki kod çıkışı kullanılır.

Beacon ' lar aşağıdaki birimlerden oluşurlar ( Şekil 5-2 ) :

- Alıcı / Verici anten çevrimleri
- 27 MHz ' lik alıcı
- 4.5 MHz ' lik verici
- Lokomotiften gelen PRF sinyallerini modüle eden dedektör



Şekil 5-2

- Yük kapasitesi
- Lojik devreler
- Ana kablolar ve bağlantılar

Beacon tiplerine göre lojik ve ara bağlantı devreleri farklı şekillerde tasarlanırlar.

M Tipi : Senkronize edilmeyen beacon.

F Tipi : Sabit olarak kodlanmış X, Y, Z bilgi kelimelerini üreten bilgi beacon ' 1.

YZ Tipi : Sabit X kelimesini ve elektriksel olarak kontrol edilebilen Y, Z kelimelerini üreten bilgi beacon ' 1.

Y Tipi : Sabit X ve Z kelimesi ile elektriksel olarak kontrol edilebilen Y kelimesini üreten bilgi beacon ' 1.

Z Tipi : Sabit X ve Y kelimesi ile elektriksel olarak kontrol edilebilen Z kelimesini üreten bilgi beacon ' 1.

Sinyalizasyon sistemiyle bağlantıyı sağlayan ara elemanlar burada ele alınmayacaktır.

### 5.1.2 Arac Donanımı

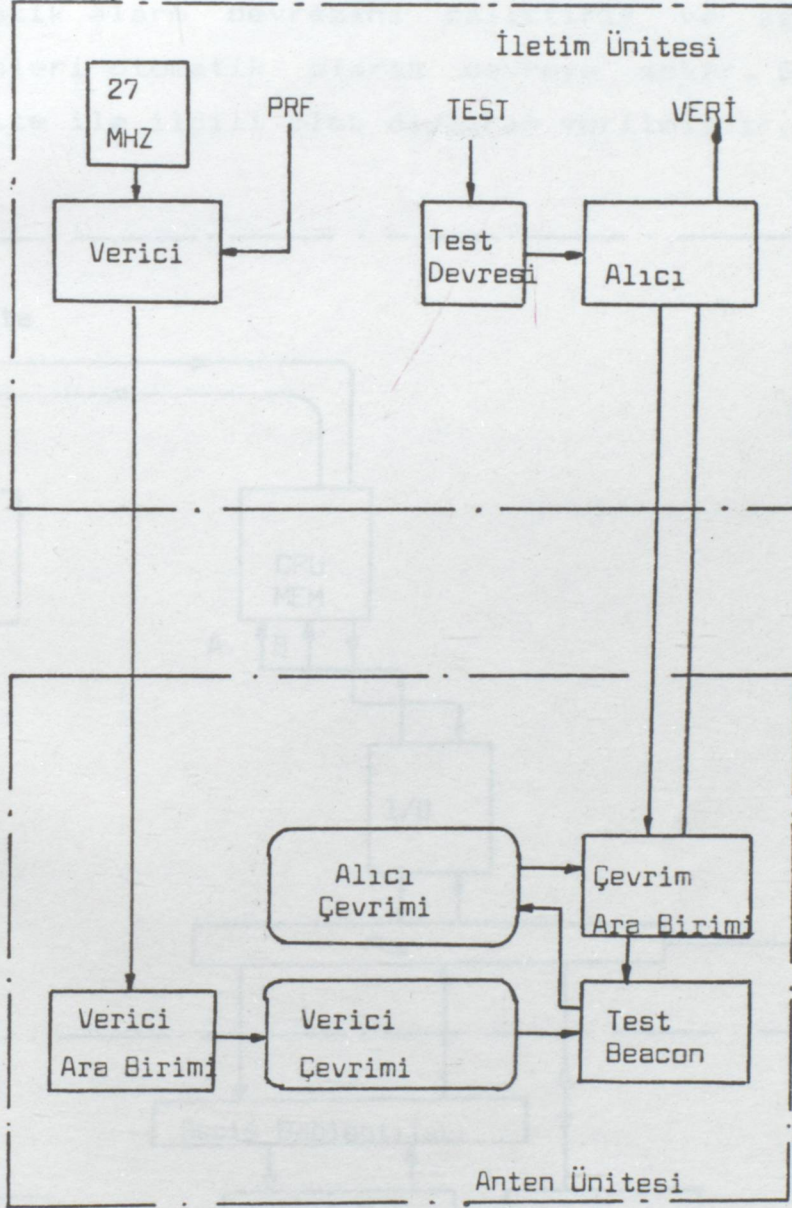
Arac donanımını meydana getiren ana elemanlar:

- Anten
- Lojik Ünitesi
- Panel 'dir.

Donanım, bir arac bataryasından beslenmektedir.

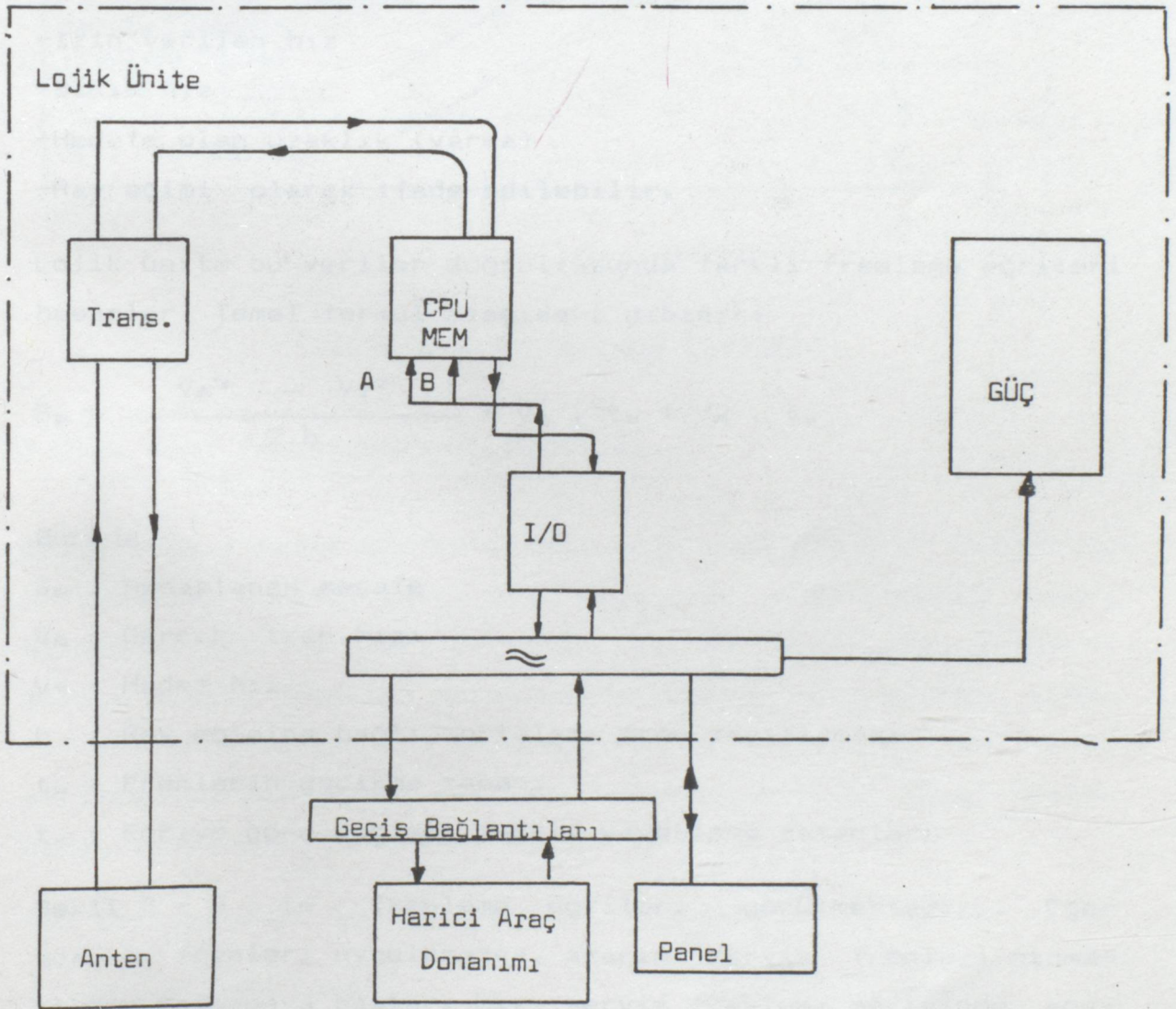
Arac şasisinin altına monte edilmiş olan anten, hem enerjiyi hem de senkronize darbeleri taşır. Bir beacon üzerinden tren geçtiğinde, anten telgraf bilgisini buradan alarak araca bildirir. Anten ve taşıma ünitesi Şekil 5-3'te gösterilmiştir.

## ANTEN VE İLETİM ÜNİTESİ



Şekil 5-3

Lojik Ünitesi, takometre generatöründen gerçek hız değeri elde edilir edilmez, beacon' lardan gelen bilgiyi değerlendirir. Ünitenin çıkışları gösterge panelinde görünür. Bu üniteye ait programlar, sistemi inceler, izin verilen maksimum hızı hesaplar, sürücü panelinde bunları gösterir, akustik alarm devresini çalıştırır ve aşırı hızlanmada frenleri otomatik olarak devreye sokar. Şekil 5-4 'te lojik Ünite ile ilgili blok diyagram verilmiştir.



Şekil 5-4 : Lojik Ünite Blok Diyagramı

## 5.2. SİSTEMİN İŞLETİM PRENSİPLERİ

### 5.2.1. Sabit Hız Seviyesinin İzlenmesi

Arac, izin verilen maksimum  $V_p$  hızını 3 km/sa aştığında bir akustik alarm duyulur. Ancak 5 km/sa aşması durumunda servis freni aktif hale gelir. Bunun üzerine hız,  $V_p$ 'nin altına düşürüldüğünde, fren otomatik olarak devreden çıkar.

Aracın Ray donanımından aldığı bilgiler :

- izin verilen hız
- Sınır hızı
- Hedefe olan uzaklık (varsa)
- Ray eğimi olarak ifade edilebilir.

Lojik ünite bu veriler doğrultusunda farklı frenleme eğrileri hesaplar. Temel formül aşağıdaki gibidir:

$$S_B = \frac{V_A^2 - V_T^2}{2 \cdot b} + V_A \cdot t_b + V_A \cdot t_x$$

Burada,

$S_B$  : Hesaplanan mesafe

$V_A$  : Gerçek tren hızı

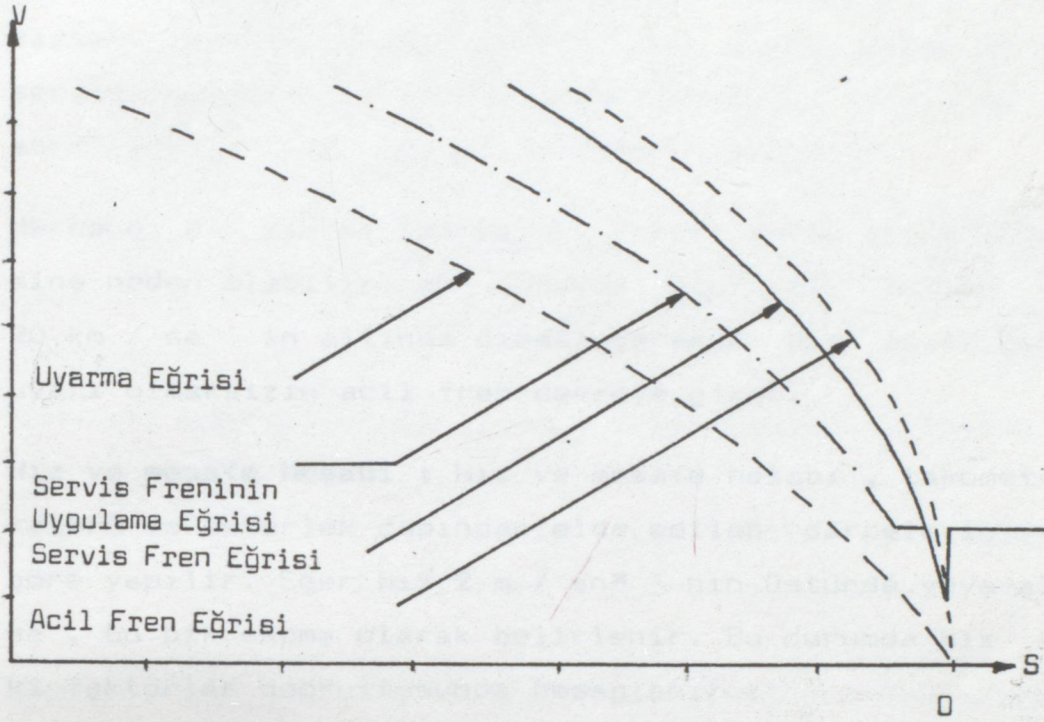
$V_T$  : Hedef hız

$b$  : Ray eğimine bağlı, ortalama fren zayıflaması

$t_b$  : Frenlerin gecikme zamanı

$t_x$  : Eğriye göre değişen farklı yavaşlama zamanları

Sekil 5 - 5 ' te frenleme eğrileri görülmektedir . Eğer sürücü, frenleri uygulamazsa, aracın servis frenleri otomatikman çalışmaya başlar. Hız, servis frenleme eğrisinde gösterildiği gibi düşürülür. Normalde araç, hedef hızın altına düştüğünde, frenler devreden çıkar. Ancak, acil frenleme durumuna geçilmişse, sadece tren durduğunda frenler boşalabilir.



Sekil 5-5 : Frenleme Eğrileri

### 5.2.2. Özel Fonksiyonların Denetimi

**Çalıştırma :** Araca güç verildiği anda, ATC sistemi öncelikle hafızasını kontrol eder. Ana kontrolör ATC modunda iken, sistem çalışır ve start testi başlar. Bu test ile, frenler, iletim hattı, tekerlek düzenleri ve sistem hata alarmı kontrol edilir. Yapılan tüm testler, sürücü panelinde bir sayı şeklinde görüntülenir. Bir hata bulunduğu anda, bu sayı sistem kapatılana kadar kalır.

ATC sistemi dört farklı fren komutunu test eder. Bunlar :

1. Servis fren komutu,
2. Yumuşak servis fren komutu,
3. A tipi acil fren komutu,
4. B tipi acil fren komutu.

**Durdurma sinyali :** Araç durma sinyalinde geçerse, acil fren sistemi derhal devreye girer. Fren ancak, tren durdurulup, servis butonuna basıldıktan sonra devreden çıkar. Bu işlemden sonra araç, 20 km / sa hızla hareket edebilir.

Herhangi bir sinyal hatası da, trenin durma sinyalinde geçmesine neden olabilir. Bu durumda özel bir butona basılır. 20 km / sa ' in altında olması gereken hız aşıldığında, bir uyarı olmaksızın acil fren devreye girer.

**Hız ve mesafe hesabı :** Hız ve mesafe hesabı , takometre generatörü ve tekerlek çapından elde edilen darbelerin sayısına göre yapılır. Eğer hız  $2 \text{ m} / \text{sn}^2$  ' nin üstünde veya altındaysa , bu bir sapma olarak belirlenir. Bu durumda hız aşağıdaki faktörler doğrultusunda hesaplanır :

KUPFER, D. : with the Berlin Underground Railways.  
 -  $1 \text{ m} / \text{sn}^2$  ' lik ivmelenme oranı  
 -  $b \text{ m} / \text{sn}^2$  ' lik yavaşlama oranı  
 KUPFER, D. : CATC as a Means for Protection and Operation of Urban Rapid Transit Railways.

BEATH, H.

Flatism Kurusu.

ASKAR, B.

## GİZLİ

## KAYNAKLAR

- LUDDECKE, C.: "The Closest Headway on Urban Rapid Transit Railways with Modern Train Control and with Conventional Signalling.  
Fakültesi Elektrik Müh. Bölümü ne girdi.
- SCHMITZ, WALT.: Continuous Train Control ( CATC )  
Elektrik Müh. Bölümü ne çalışırken görevli olarak görev yapmıştır.
- REMPKA, J.: Automatic Train Control with Underground Railways - Short Loop System Type.  
Bölümü ne Yüksek
- GNADIG, F. CATC and Automatic Train Operation ( ATO )  
KUPPER, D.: with the Berlin Underground Railways.
- KÖHLER, E. J. CATC as a Means for Protection and Operation of Urban Rapid Transit Railways.  
KUPPER, D.:
- DERİN, H. İletişim Kuramı.
- AŞKAR, M.:

