

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Senkron Gener. Uyarma Sist.

Yüksek Lisans Tezi

A. İhsan Çanaköglü

1991

Ref
ELK
82
1991

R 152
116

ELK.
30.000TL

YILDIZ UNIVERSITESI
FEN BILIMLERI ENSTITUSU

**SENKRON GENERATORLERDE
UYARMA SİSTEMLERİ**

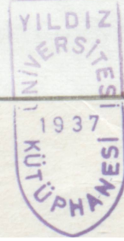
YOKSEK LISANS TEZİ

Elk. Moh. Ali İhsan CANAKOĞLU

İSTANBUL 1991

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
KÜTÜPHANE DOKÜMANTASYON
DAİRE BAŞKANLIĞI

R 152
116
Kot :
Alındığı Yer : FEN BİL. ENS.
Tarih :16.04.1992.....
Fatura :
Fiyatı :30.000.TL.....
Ayniyat No :1/2.....
Kayıt No :48327.....
UDC :621.3 378.242.....
Ek :



YILDIZ UNIVERSITESI

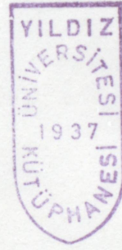
D.Ö. No 46/105

YILDIZ UNIVERSITESI

FEN BİLİMLERİ ENSTİTUSU

43-65
Arası yok

**SENKRON GENERATORLERDE
UYARMA SİSTEMLERİ**



YOKSEK LİSANS TEZİ

Elk. Müh. Ali İhsan CANAKOĞLU

İSTANBUL 1991

Bu çalışmada, senkron generatörlerde kullanılan uyarma sistemleri tanıtılmıştır. Motor çalışma durumunda da uyarma sistemleri değişmemektedir. Ancak güç sistemleri ile paralel çalışan büyük güçlü generatörlerde uyarma sistemleri daha ayrıntılı olarak dizayn edilmektedirler. Bu sistemler, güç sisteminin kararlılığını arttırmak ve generatörün istenen şartlarda çalışmasını temin etmek için bir çok koruma ve kontrol fonksiyonları ile teçhiz edilmektedirler.

Bu çalışmam sırasında, değerli fikirleriyle beni yönlendiren değerli hocam Sayın Prof. Basri ÇETİN'e ve gerekli dokümanları bulmamda yardımları olan başta " GANZ Electric Works" şirketi ile SIMKO çalışanlarına teşekkürlerimi sunarım.

Haziran 1991

Ali İhsan ÇANAKOĞLU

İ Ç İ N D E K İ L E R

ÖZET	I
SUMMARY	II
KULLANILAN SEMBOLLER	III
BÖLÜM I Senkron Generatörlerde Uyarma Kontrolüne Genel Bakış .	
1.1 Senkron makinalarda Alan şekilleri	1
1.2 Dengeli Yükte Senkron Makinanın Endüvi Reaksiyonu	2
1.2.1 Omik Yüklü Generatör	3
1.2.2 Kapasitif yüklü generatör	5
1.2.3 Endüktif yüklü generatör	6
1.3 Endüvi Reaksiyonun İşletmedeki Belirtileri	7
1.4 Senkron Generatörde Reaktif Güç Ayarı	8
Bölüm 2 Uyarma Sistemine Genel Bakış	
2.1. Generatör Uyarması için Güç ihtiyaçları	10
2.2. Bir uyarma Sisteminin Bileşenleri	11
2.2.1 Güç Kaynağı	11
2.2.2 Doğrultucu Sistem	11
2.2.3 Soğutma Sistemi	11
2.2.4 Kontrol Fonksiyonları	12
2.2.5 Koruma Fonksiyonları	14
Bölüm 3 Uyarma Sistem Modelleri	
3.1. D.C. Sistemler	17
3.1.1. DC1 Tip Uyarma Sistem modeli	17
3.1.2 DC2 Tip Uyarma Sistem modeli	18
3.1.3 DC3 Tip Uyarma Sistem Modeli	19
3.2 A.C Sistemleri	20
3.2.1 AC1 Tip Uyarma Sistem modeli	20
3.2.2 AC2 Tip Uyarma Sistem Modeli	21
3.2.3 AC3 Tip Uyarma Sistem Modeli	22
3.2.4 AC4 Tip Uyarma Sistem Modeli	23
3.3 ST Tip Statik Uyarma Sistemleri	24
3.3.1 ST1 Tip Uyarma Sistem Modeli	24
3.3.2 ST2 Tip Uyarma Sistem Modeli	25
3.3.3 ST3 Tip Uyarma Sistem Modeli	26

Bölüm 4 Ambarlı Termik Santralı Uyarma Sisteminin İncelenmesi . . .	28
4.1 Ana Özellikler :	28
4.2 Kuvvetli Akım Bölümü	30
4.3 Birinci Kanal	32
4.3.1 Gerilim Regülatörü	32
4.3.2 Rotor Akım Regülatörü	33
4.3.3. Stator Akım Sınırlayıcı : . . . :	34
4.3.4 Reaktif Akım Sınırlayıcısı	35
4.3.5 U/f sınırlayıcısı	37
4.4 İkinci Kanal	38
4.5 Takip Sistemi	38
4.6 Tetikleme Ünitesi :	39
4.7 Uyarma Sistemi Devreye Alma	41
4.8 Uyarma Sisteminin Devreden Çıkartılması	41
4.9 Ambarlı Termik Santralı Uyarma Sisteminin Blok Diyagramının Çıkarılması :	66
4.9.1 PID 111 Gerilim Regülatörü Transfer Fonksiyonu	66
4.9.2 Gerilim Regülatörü Eğim Sınırlandırıcısı Transfer Fonksiyonu	67
4.9.3 PID 112 Rotor Akım Regülatörünün Transfer Fonksiyonu	67
4.9.4 Gerilim Regülatör Filtresi Transfer Fonksiyonu	68
4.9.5 Kontrol Gerilimi ile Uyarma Gerilimi Arasındaki Bağlantı : . . .	69
EKLER	
EK-A Doğru Akım Makinasının matematik modeli	74
EK-B Per-Unit Sistem	80
EK-C Doyma Fonksiyonu :	81
EK-D Uyarma Kontrol sistemi Dengelenmesi ve Geçici Kazanç Azalması	82
EK-E Doğrultucu Regülasyonu	83
EK-F Sınırlayıcı Gösterimleri :	85
REFERANSLAR : :	86

SUMMARYEXCITATION CONTROL SYSTEMSÖZET

Three principal control systems directly affect a synchronous generator: the boiler control, governor, and exciter. This simplified view is expressed diagrammatically in Figure 1.

Senkron generatörlerde uyarma sistemleri tam anlamıyla birer otomatik kontrol sistemleridir. Son yıllarda, kontrollü doğrultucuların gelişmesiyle statik uyarma sistemleri, ilk yıllardaki doğru akım makineli uyarma sistemlerinin yerini almıştır.

Birinci bölümde; senkron makinelerde endüvi reaksiyonu incelenerek uyarmanın makine üzerindeki etkileri araştırılmıştır.

İkinci bölümde; uyarma sistemleri genel olarak tanıtılmış, güç ihtiyaçları, koruma ve kontrol fonksiyonları tanıtılmıştır.

Üçüncü bölümde; uyarma sistem modelleri, blok diyagramları ile gösterilerek koruma ve kontrol fonksiyonları açılmaya çalışılmıştır.

Dördüncü bölümde; Ambarlı Termik Santralının yeni tesis edilen gaz çevrimli ünitlerinde kullanılan statik uyarma sistemi tanıtılmıştır. Kuvvetli akım ve kontrol devre şemaları ile sistemin blok diyagramı elde edilmiştir.

Çalışmanın sonunda, bu tip kontrol devrelerinin analizinde işe yarayabilecek bilgiler ek olarak verilmiştir.

Fig.2. Arrangement of excitation components.

The auxiliary control illustrated in Figure 2, may include several added features. For example, damping is sometimes introduced to prevent overshoot. A comparator may be used to set a lower limit on excitation, especially at loading under power inversion, for prevention of instability due to very weak coupling across the air gap. Other auxiliary controls are sometimes available for feedback of speed, frequency, acceleration, or other data.

SUMMARY

EXCITATION CONTROL SYSTEMS

Three principal control systems directly affect a synchronous generator : the boiler control, governor, and exciter. This simplified view is expressed diagrammatically in Figure 1.

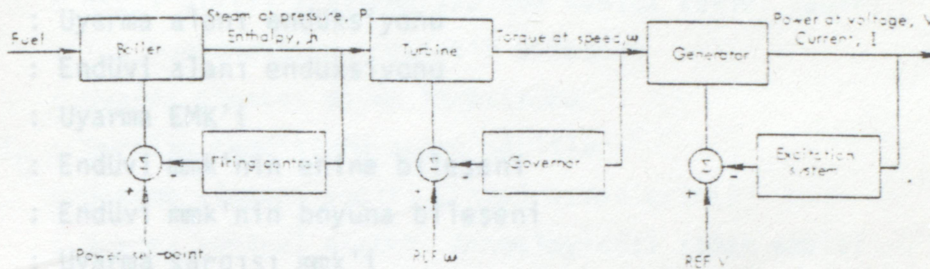


Fig. 1. Principal controls of a generating unit.

In Figure 1., the governor controls the torque or the shaft power input and the excitation system controls E_f , the internally generated EMF.

In many present-day systems, the exciter are solid-state systems consisting of some form of rectifier or thyristor system supplied from the ac bus or from an alternator-exciter.

The voltage regulator is the intelligence of the system and controls the output of the exciter so that the generated voltage and reactive power change in the desired way.

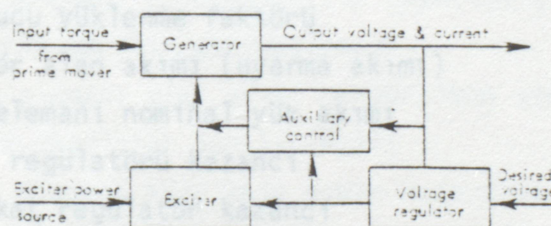


Fig.2. Arrangement of excitation components.

The auxiliary control illustrated in Figure 2. may include several added features. For example, damping is sometimes introduced to prevent overshoot. A comparator may be used to set a lower limit on excitation, especially at leading power factor operation, for prevention of instability due to very weak coupling across the air gap. Other auxiliary controls are sometimes desirable for feedback of speed, frequency, acceleration, or other data.

KULLANILAN SEMBOLLER

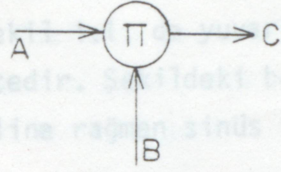
K_L	: Uyarma elemanı alan akımıdır değer kazancı
K_I	: Akım devresi
K_J	: Birinci kat regülatör kazancı
V	: Generatör uç gerilimi
I	: Generatör yük akımı
θ	: Güç açısı
B_{res}	: Bileşke alan endüksiyonu
B_m	: Uyarma alanı endüksiyonu
B_a	: Endüvi alanı endüksiyonu
E_m	: Uyarma EMK'i
θ_{aq}	: Endüvi mmk'nin enine bileşeni
θ_{ad}	: Endüvi mmk'nin boyuna bileşeni
θ_m	: Uyarma sargısı mmk'i
θ_a	: Uyarma sargısı mmk'i (amper-sarımı)
θ_{res}	: Bileske mmk
θ_D	: Boyuna eksen yönündeki toplam mmk
γ	: Makina iç faz açısı
δ	: Yük açısı
n_s	: Senkron devir
f	: Frekans
p	: Çift kutup sayısı
A_1-A_6	: Güç sistem dengeleyicisi yüksek frekans filtre sabitleri
E_{FD}	: Uyarma çıkış gerilimi (generatör alan gerilimi)
E_{FDN}	: EFD'nin geribesleme kazanç değişim değeri
F_{EX}	: Doğrultucu yüklenme faktörü
I_{FD}	: Generatör alan akımı (uyarma akımı)
I_N	: Uyarma elemanı nominal yük akımı
K_A	: Gerilim regülatörü kazancı
K_B	: İkinci kat regülatör kazancı
K_C	: Komütasyon reaktansı ile ilgili doğrultucu yüklenme faktörü
K_D	: Uyarıcı alternatör reaktansının fonksiyonu olarak, demagnetizasyon faktörü
K_E	: Kendinden uyarmalı makina alan sabiti ile ilgili uyarma elemanı sabiti
K_F, K_N	: Uyarma kontrol sistemi dengeleyicisinin kazançları
K_G	: İç çevrim geribesleme sabiti
K_H	: Uyarma elemanı alan akımı geribesleme kazancı

K_L	: Uyarma elemanı alan akım sınırı değer kazancı
K_I	: Akım devresi kazanç kofaktörü
K_J	: Birinci kat regülatör kazancı
K_{LV}	: Uyarma elemanı düşük gerilim sınırı işareti kazancı
K_p	: Gerilim devresi kazanç kofaktörü
K_R	: Regülatör ve alternatör alan güç beslemesi ile birleştirilmiş sabit
K_S	: Güç sistem dengeleyicisinin kazancı
K_V	: Hızlı etkili arttırma/azaltma kontak takımı sabiti
R_C	: Yük kompozasyonu rezistif bileşeni
S_E	: Uyarma elemanı doyma fonksiyonu
T_A, T_B, T_C	: Gerilim regülatörü zaman sabitleri
T_E	: Uyarma elemanı sabiti (Integrasyon oranı)
T_F	: Uyarma kontrol sistemi dengeleyicisi zaman sabiti
T_R	: Regülatör girişfiltresi zaman sabiti
T_{RH}	: Reosta hareket zamanı
T_1, T_3	: Güç sistem dengeleyicisi kapasitif kompozasyon zamansabitleri
T_2, T_4	: Güç sistem dengeleyicisi endüktif kompozasyon zaman sabitleri
T_5	: Güç sistem dengeleyicisi çıkış zaman sabiti
V_A	: Regülatör iç gerilimi
V_B	: Uyarma elemanı geriliminin elde edilebilir değeri
V_C	: Yük kompozatörü çıkış gerilimi
V_E	: Uyarma elemanında endüklenen gerilim değeri
E_{ERR}	: Gerilim hata sinyali
V_F	: Uyarma sistem dengeleyicisi çıkışı
V_{FE}	: Uyarma elemanı alan akımı ile orantılı sinyal
V_G	: İç çevrim gerilim geribeslemesi
V_H, V_L	: Uyarma elemanı alan akımı geribesleme sinyalleri
V_I	: Gerilim regülatör dahil sinyali
V_{LR}	: Uyarma elemanı alan akım sınırı referansı
V_{LV}	: Uyarma elemanı düşük gerilim sınırı referansı
V_N	: Orantılı geribesleme giriş değişkeni
V_R	: Gerilim regülatörü çıkışı
V_{REF}	: Gerilim regülatörü referans gerilimi
V_S	: Güç sistem dengeleyici çıkışı (uç geriliminin per-unit eşdeğeri)
V_{SI}	: Güç sistem dengeleyicisinin girişi

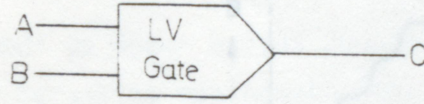
BÖLÜM 1

- V_T, I_T : Generatör uç gerilimi ve akımı
- $\overline{V_T}, \overline{I_T}$: Generatör uç gerilimi ve akımının fazör büyüklükleri
- X_C : Yük kompanzasyonu reaktif bileşeni
- X_L : Gerilim kaynağı reaktansı
- θ_p : Gerilim devresi faz açısı

Bir senkron generatörün statorında sinüs formunda bir gerilim elde etmek için birinci derecede önemli olan husus olan eğrisi şekli senkron generatörde olduğu gibi, Senkron motorda da aynıdır.

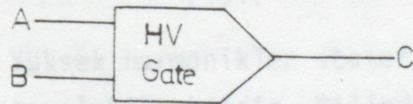


$$(A) \cdot (B) = C$$



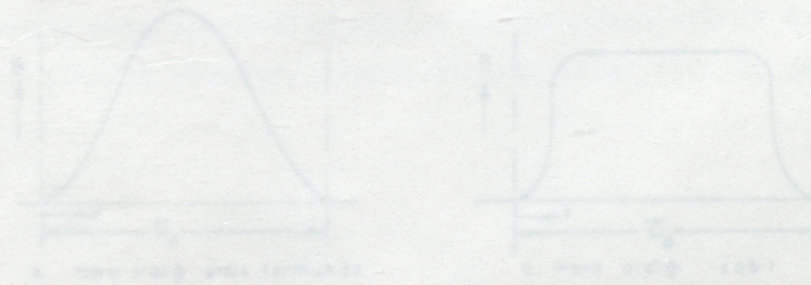
Düşük değer kapısı

$$A \leq B \Rightarrow C = A$$
$$A > B \Rightarrow C = B$$



Yüksek değer kapısı

$$A \geq B \Rightarrow C = A$$
$$A < B \Rightarrow C = B$$



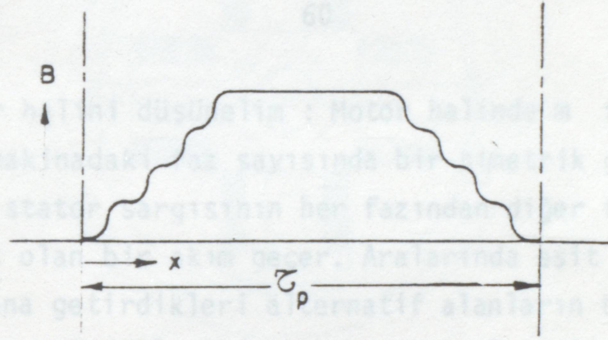
Sekil 1.2. Dik kutuplu senkron makinelerde rastlanan bir aralığı endüksiyon eğrileri.

SENKRON GENERATÖRLERDE UYARMA KONTROLÜNEGENEL BAKIŞ

1.1. SENKRON MAKİNALARDA ALAN ŞEKİLLERİ :

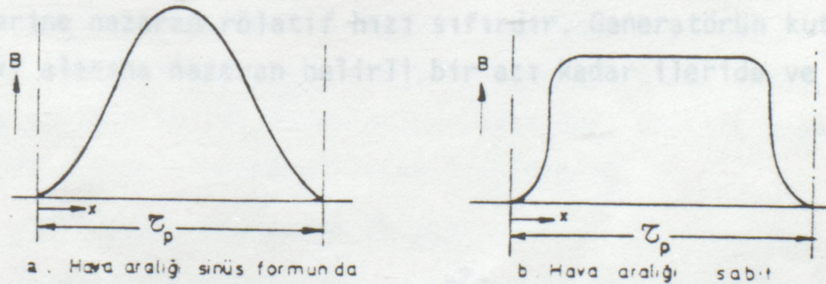
Bir senkron generatörün statorunda sinüs formunda bir gerilim elde etmek için birinci derecede önemli olan husus alan eğrisi şeklindedir. Durum senkron generatörde olduğu gibi, Senkron motorda da aynıdır.

Şekil 1.1. de yuvarlak rotorlu bir senkron generatöre ait alan eğrisi görülmektedir. Şekildeki basamak yükseklikleri doymaya bağlıdır. Şekildeki eğri şekline rağmen sinüs formunda uç gerilimi elde edilmektedir.



Şekil 1.1. Yuvarlak rotorlu bir senkron makinada hava aralığı endüksiyon eğrisi.

Yüksek harmonikler stator sargısındaki yüksek harmonik sargı faktörleri ile bastırılabilir. Bilindiği gibi gerilim eğrisinde yüksek harmoniklerin meydana gelmemesi için en iyi çıkar yol kırılgan sargı yapmaktır ve adımı 120° ile 150° arasında kısaltmak çok iyi sonuçlar verir. Şekil 1.2'de çıkık kutuplu senkron makinede hava aralığının sinüs formunda değişmesi ve sabit kalması durumlarına ait uyarma alan eğrileri verilmiştir. Burada da gerekli kırılganlar yapılarak sinüs formunda gerilim elde edilmektedir.



Şekil 1.2. Çıkık kutuplu senkron makinalarda rastlanan hava aralığı endüksiyon eğrileri.

1.2 DENGELİ YÜKTE SENKRON MAKİNANIN ENDÜVİ REAKSİYONU

Senkron makinalarda stator, endüvi olarak da tanımlanmaktadır. Bu ayrıtta, doğru akım makinalarında olduğu gibi, endüvi magnetik alanının uyarma alanına etkisi anlatılacaktır.

Senkron makina ister motor ister generatör olarak çalışsın, her iki durumda da kutup tekerleğindeki uyarma bobinleri doğru akım ile beslenir ve bu doğru akım bobinlerin meydana getireceği alan, senkron generatörün n_s senkron devir sayısı ile tahrik edilmesi sonucunda endüvi çevresinde bu senkron hızla döner. Dışarıdan tahrik suretiyle söndürülen bu döner alan stator sargısında muhtelif fazlarda gerilimler endüklিয়েcektir. bu gerilimlerin frekansına (f) diyecek olursak, makinanın kutup sayısı ve dakikadaki devir sayısı cinsinden bunun değeri

$$f = \frac{p \cdot n_s}{60}$$

olacaktır.

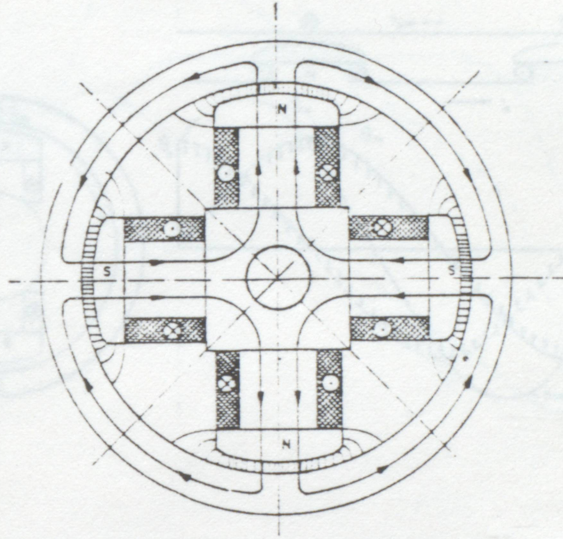
Şimdi de motor halini düşünelim : Motor halinde m fazlı senkron makinanın stator sargısına makinadaki faz sayısında bir simetrik gerilim sistemi uygulanır ve bu suretle stator sargısının her fazından diğer fazların akımlarına mutlak değere eşit olan bir akım geçer. Aralarında eşit faz farkları bulunan bu akımların meydana getirdikleri alternatif alanların toplamı dairesel bir döner alan meydana getirdiklerinden, kutup tekerleğinin bu döner alan yönünde ve döner alan hızı ile dönmesi gerekir. Statorda meydana gelen döner alan kutup tekerleğini birlikte sürükler. Motor halinde de, makinanın kutup sayısı ve uygulanan gerilim frekansından bu makina sargısının meydana getireceği döner alanın dakikadaki devir sayısı, yukarıdaki bağıntıdan elde olunur.

Yani burada da

$$n_s = \frac{f \cdot 60}{p}$$

dir ve burada döner alan kutup tekerleğini peşinden sürükler. Her iki halde de döner alan ile kutup tekerleğinin her ikisi de senkron hızla dönerler ve birinin diğerine nazaran rölatif hızı sıfırdır. Generatörün kutup tekerleği alanı, endüvi alanına nazaran belirli bir açı kadar ileride ve motorda belirli

bir açı kadar geride gelmektedir. Kutup tekerleği alanı ile endüvi alanı arasındaki bu faz farkı muhtelif faktörlere bağlıdır. Bu faktörlerden birisi aktif yüküdür ve bu yük durmadan artarsa, bu açı sınırlı bir değere ulaşır ve bu açının üstünde senkron bir çalışma devam ettirilemez, makina senkronizmadan düşer. Makina motor olarak çalışıyorsa, senkron hızdan düşerek durur ve generatör halinde ise tahrik motoru senkron generatörü yok arttıkça daha fazla zorlayacağından, makina senkronizmden ayrılır ve senkron üstü yüksek hızlara çıkar.



Şekil 1.3 Uyarılmış durumda senkron makinanın kutup tekerleği alanı

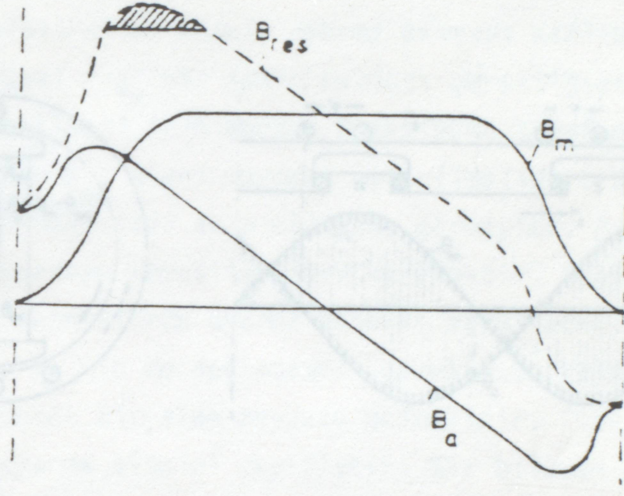
Biz burada motor ve generatör çalışmalarına temas ettik. Yukarıda açıklamış olduğumuz kutup tekerleği alanı ile endüvi alanı birbiri üzerine etki yaparlar. Makina boşta çalışırken yalnız kutup tekerleği alanı (uyarma alanı) var iken, endüvi sargısından yük akımının geçmesi ile endüvi alanı da meydana gelir ve bu alan uyarma alanı üzerine etki yaparak bir bileşke alan meydana getirir. Artık makina içinde bu bileşke alan söz sahibidir. Endüvi alanının, uyarma alanı üzerine etkisine biz endüvi reaksiyonu diyoruz. Yalnız burada omik, emdükatif ve kapasitif yük durumları söz konusu olacağından, endüvi reaksiyonu bu değişiklik yük durumlarında ayrı ayrı özellik gösterir. Şimdi endüvi alanının uyarma alanına etkisini inceleyelim.

1.2.1 OMİK YÜKLE GENERATÖR ($\gamma = 0$) :

Yukarıda da söylendiği gibi, burada değişik yük durumlarını ayırt etmek gerekir. İlk önce omik yük durumunu ele alalım. Omik yük durumunda makinada

hemen hemen yok denecek kadar azdır. Enine alan daha çok toplam alanın kutup tekerleğinin bir ucuna doğru yığılmasına sebebiyet verir ve bunun sonucu olarak doymadan ötürü kuvvetlenen kısımda rölatif bir zayıflama olur.

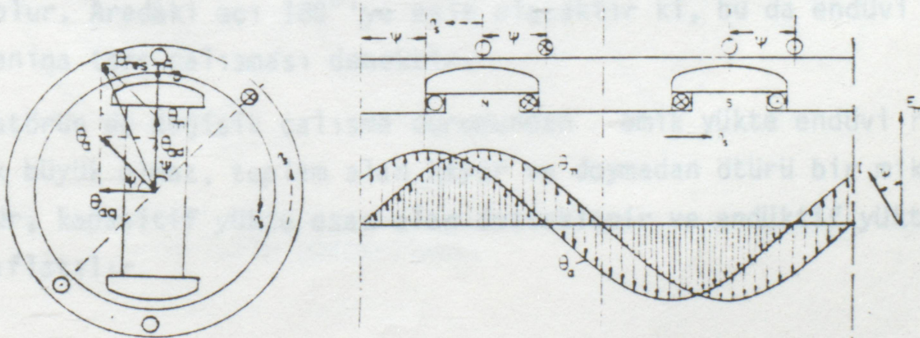
Şekil 1.5'de uyarma alanı B_m ile ve endüvi alanının enine reaksiyonu da B_a ile gösterilmiştir. B_{res} toplam alandır. Buradan da görüleceği üzere, toplam alan kutbun bir ucunda desteklenmekte ve diğer ucundan zayıflatılmaktadır.



Şekil 1.5. Doymadan ötürü kuvvet çizgilerinin yığıldığı kutup ayağı ucundaki zayıflama

1.2.2 KAPASİTİF YÜKLE GENERATÖR ($\gamma < 0$)

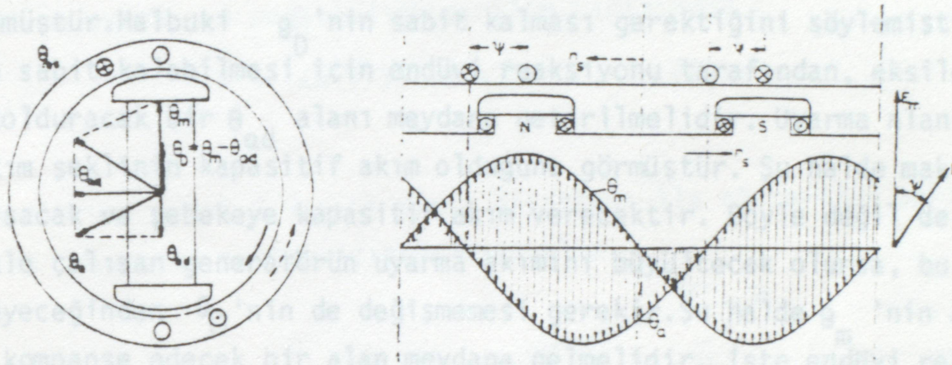
Burada endüktif açı pozitif olduğundan kapasitif açıları negatif olarak göstereceğiz. Kutbun altından geçen bobinlerde endüklenen EMK maksimum olduğu anda akım maksimumum açısı kadar bu noktadan uzakta bulunacaktır. Kapasitif yük hali olduğundan, akım gerileme nazaran γ açısı kadar ileride olacaktır, yani kutup tekerleğinin hareket yönünde açısı kadar ileride bobin akımı maksimum değerinde olacaktır. Bu demektir ki, bu yönde θ_a dalgası γ açısı kadar kayacaktır.



Şekil 1.6 $\gamma < 0$ durumunda uyarma ve endüvi alanlarının birinci harmonikle şekilden görüleceği üzere burada uyarma alanında endüvi alanının yardım ettiği görülmektedir ve dolayısıyla θ_{res} .

1.2.3 ENDÜKTİF YÜKLÜ GENERATÖR ($\gamma > 0$)

Makinanın generatör olarak endüktif çalışmasında endüvi akımı, uyarmanın endüklendiği gerilime nazaran γ kadar geridedir. Yani önceki açıklamalara göre, kutbun altındaki bobinde endüklenen EMK maksimum değerini ve bu bobine nazaran γ açısı kadar dönüş yönüne nazaran geride olan bobindeki akım maksimum değerini almış olacaktır.



Şekil 1.7 $\gamma > 0$ durumuna ait uyarma ve endüvi alanlarının birinci harmonikleri

Şekilden görüleceği üzere, endüvi alanı uyarma alanına karşı bir durum almaktadır. $\gamma = 0$ durumunda endüvi alanı ile uyarma alanı arasında 90° kadar bir faz farkı olduğundan, boyuna bileşen sıfır idi. Kapasitif durumunda ($\gamma < 0$) endüvi alanı ile uyarma alanı arasındaki faz farkı $90^\circ - \gamma$ olmuştu ve böylece uyarma alanını destekleyen bir boyuna bileşen ortaya çıkmıştı. Burada ise bu faz farkı $90^\circ + \gamma$ olduğundan, endüvi alanının uyarma alanını zayıflatır bir boyuna bileşenin bulunduğu görülmektedir.

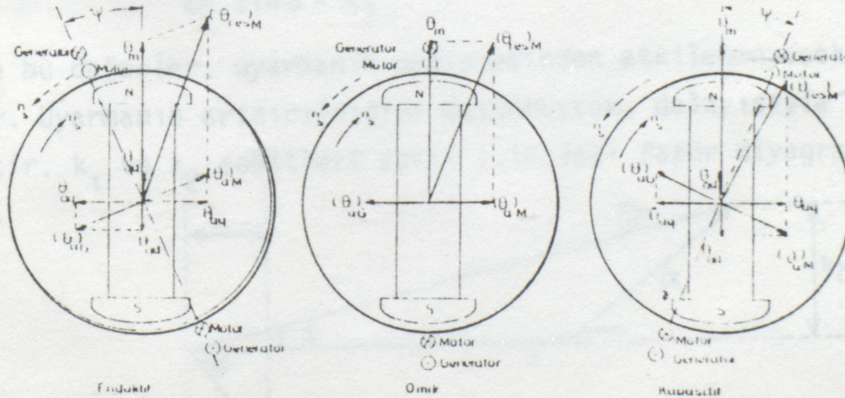
$\gamma = 90^\circ$ olması halinde endüvi alanının uyarma alanını zayıflatma etkisi maksimum olur. Aradaki açı 180° 'ye eşit olacaktır ki, bu da endüvi alanının uyarma alanına ters çalışması demektir.

Generatörün üç değişik çalışma durumundan omik yükte endüvi reaksiyonun etkisi pek büyük olmaz, toplam alan kayar ve doymadan ötürü bir miktar zayıflama görülür, kapasitif yükte esas alan desteklenir ve endüktif yükte uyarma alanı zayıflatılır.

1.3 ENDÜVİ REAKSİYONUNUN İŞLETMEDEKİ BELİRTİLERİ :

Şayet generatör yalnız başına çalışıyorsa, omik yükte hafif bir gerilim düşümü görülür. Kapasitif yükte uç gerilimin uyarma akımına dokunulmamasına rağmen yükseldiği görülür. Endüktif yükte ise uç gerilimin kuvvetle düştüğü görülür. Şayet generatör, gerilimi sabit bir şebeke ile paralel çalışıyorsa, bu takdirde EMK yaklaşık olarak sabit demektir. Bunun içinde makiné içindeki Öres toplam alanının da yaklaşık olarak sabit kalması gerekir, yani toplam alanın boyuna bileşeni de sabit kalıyor demektir. Şimdi böyle bir şebeke ile paralel çalışan generatörün omik yükünün sabit kaldığını düşünelim ve uyarma akımını değiştirelim. Mesela uyarma akımını azaltalım. Bu demektir ki, θ_m küçülmüştür. Halbuki θ_D 'nin sabit kalması gerektiğini söylemiştik. İşte θ_D 'nin sabit kalabilmesi için endüvi reaksiyonu tarafından, eksilen θ_m 'nin yerini dolduracak bir θ_{ad} alanı meydana getirilmelidir. Uyarma alanını destekleyen akım şeklinin kapasitif akım olduğunu görmüştür. Şu halde makina kapasitif çalışacak ve şebekeye kapasitif akım verecektir. Böyle değil de, sabit bir omik yükte çalışan generatörün uyarma akımını büyütecek olursa, bu takdirde θ_m büyüyeceğinden θ_D 'nin de değişmemesi gerekir. Şu halde θ_m 'nin artan kısmını kompanse edecek bir alan meydana gelmelidir. İşte endüvi reaksiyonu faaliyete geçerek uyarma alanını zayıflatır. Bir bileşen meydana getirmek üzere şebekeye endüktif akım verir ve generatör endüktif çalışır. Bu suretle artırılan θ_m uyarma amper-sarımı endüktif endüvi reaksiyonu etkisi ile Öres'nin ve dolayısı ile θ_D 'nin büyümesini önler.

Bu açıklamalardan anlaşılacağı gibi, sabit gerilimli sonsuz büyük bir şebeke ile paralel çalışan generatörde uyarma akımın arttırılması generatörü endüktif, azaltılması ise kapasitif yükler. Yani uyarma arttırılınca generatör şebekeye reaktif güç verir, azaltılması durumunda reaktif güç alır. Motor çalışmada durum tersidir.



Şekil 1.8 Endüvi reaksiyonunun motor ve generatör halleri için fazörlerle gösterilmesi.

1.4 SENKRON GENERATÖRDE REAKTİF GÜÇ AYARI :

Senkron generatörde, sonsuz büyük şebekeyle paralel çalışmada uyarma kontrolü, kendisinin endüklediği EMK'yı değiştirir ve sadece makinanın reaktif gücü etkilenir . Aktif güç sabit kalır.

Makinanın aktif gücü iki yolla belirtilebilir. Birincisi olarak generatörün uç şartlarından :

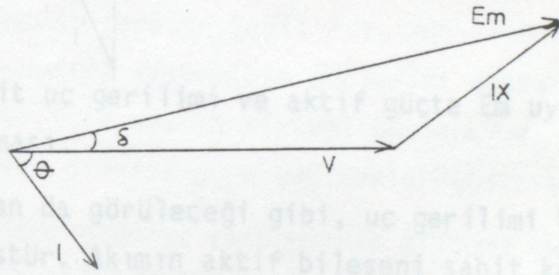
$$P = V.I \cos \theta \quad (1)$$

yazılır. ikincisi olarak, stator direnci ihmal edilerek, yük açısı, senkron reaktansı ve uyarmanın endüklediği gerilim bakımından :

$$P = (E_m.V/X) . \sin \delta \quad (2)$$

yazılır.

Generatörün, şekil 1.9'daki fazör diyagramı ile gösterilen şartlarda çalışırken uyarmanın arttırıldığını düşünelim.



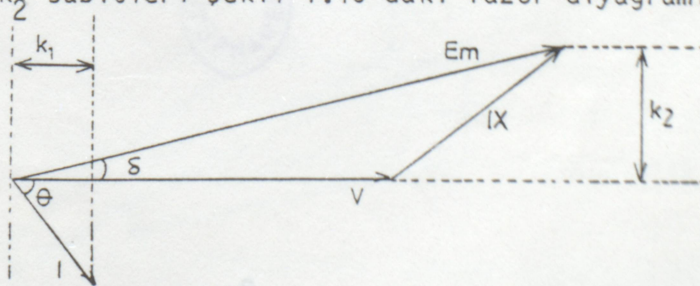
Şekil 1.9 Generatör başlangıç şartlarına ait fazör diyagramı.

Makinanın uç gerilimi V ve aktif gücü P sabit kalacağından (1) ve (2) denkleminde :

$$I \cos \theta = k_1$$

$$E_m \sin \delta = k_2$$

yazılır ve bu değerler, uyarmanın değişmesinden etkilenmeyecek ve sabit kalacaktır. Uyarmanın arttırıldığını düşünmüştük, dolayısıyla Em fazörü büyüyecektir. k₁ ve k₂ sabitleri şekil 1.10'daki fazör diyagramında gösterilmiştir.



Şekil 1.10 Kontrol sınırları

Uyarma akımının arttırılmasıyla, Em fazörü k_2 sınırları içinde büyüyecektir. Akım ise $I \cos \theta$ sınıırı içinde değişecektir. Em'nin yeni değerine Em' akımın yeni değerine I' dersek, Şekil 1.11'deki fazör diyagramını çizebiliriz.

sargıları için doğru akım sağlamaktır. Buna ek olarak, generatör uyarma sistemi makinanın gerilimini ve reaktif güç akışını kontrol eder, güç sisteminin kararlılığını yükselmesine yardımcı olur ve önemli koruma fonksiyonları sağlar.

Yük değişimleri (veya güç faktörleri) uyarma sistemi generatör terminalinde uygun gerilimi sağlamak zorunda değildir, alan geriliminde hızlı değişimleri gerektirir. Uyarma sistemi her zaman uygun alan (uyarma) akımını sağlamak zorundadır.

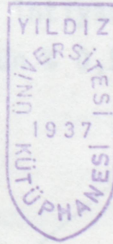
2.1 GENERATÖR UYARMA SİSTEMİ İÇİN GÜÇ İHTİYAÇLARI

Generatör dizaynında, alan akımı, alan gerilimi dolayısıyla uyarma için gerekli gücün belirlenmesi gerekir. Şekil 2.1, 200-1400 MVA arası turbo-generatörler için gerekli uyarma sisteminin güçlerini göstermektedir. Başarı güçleri, generatörlerin uyarma sistemi güçleri, makinanın güç faktörüne, gerilimine ve kısa devre oranına göre değişimler gösterebilir.

Şekil 1.11 Sabit uç gerilimi ve aktif güçte Em uyarma geriliminin artması.

Fazör diyagramından da görüleceği gibi, uç gerilimi V ile yük akımı I arasındaki açı büyümüştür. Akımın aktif bileşeni sabit kalırken reaktif bileşeni değişmiş, dolayısıyla generatörün şebekeye verdiği reaktif güç artmıştır. Başka deyişle generatör endüktif olarak yüklenmiştir.

1000 kVA'yi bulur. Dört kutuplu iletken soğutmalı generatör için ise 2.3 kw/1000 kVA kadardır. Bu tabuller % 20 toleransla muhtemelen doğrudur. Generatör dizaynlarında daha iyi ve daha fazla verimli malzeme kullanımına gidildikçe uyarma sisteminin güçleri de artacaktır. Yine de bu artış kVA olarak generatör gücüne göre azalmayacaktır.



B Ö L Ü M - 2

UYARMA SİSTEMLERİNE GENEL BAKIŞ

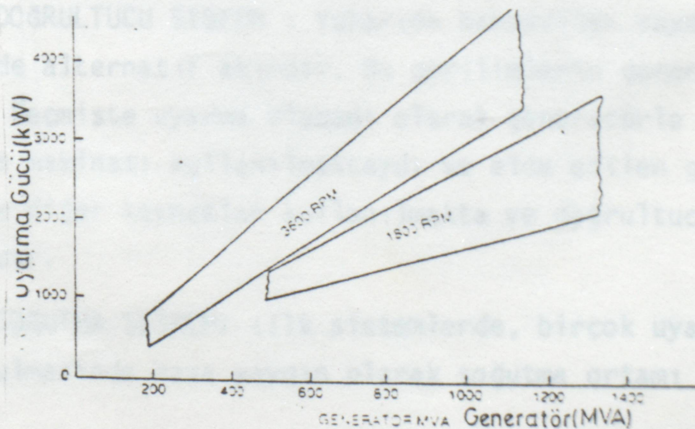
Uyarma sisteminin fonksiyonu, generatör rotor sargıları veya kısaca alan sargıları için doğru akım sağlamaktır. Buna ek olarak, generatör uyarma sistemi makinanın gerilimini ve reaktif güç akışını kontrol eder, güç sisteminin kararlılığının yükselmesine yardımcı olur ve önemli koruma fonksiyonları sağlar.

Yük değişimleri (veya güç faktörü) esnasında, uyarma sistemi generatör terminalinde uygun gerilimi sağlamak zorundadır. Bu, alan geriliminde hızlı değişimleri gerektirir. Uyarma sistemi her zaman uygun alan (uyarma) akımını sağlamak zorundadır.

2.1 GENERATÖR UYARMASI İÇİN GÜÇ İHTİYAÇLARI

Generatör dizaynında, alan akımı, alan gerilimi dolayısıyla uyarma için gerekli gücün belirlenmesi gerekir. Şekil 2.1, 200-1400 MVA arası turbo-generatörler için gerekli uyarma sisteminin güçlerini göstermektedir. Benzer güçlerdeki generatörler için uyarma sistemi güçleri, makinanın güç faktörüne, gerilimine ve kısa devre oranına göre değişimler gösterebilir.

Klasik soğutmalı generatörler için uyarma sistemi gücü 2.5 Kw/1000 kVA olarak tesbit edilebilir (200 MVA'dan küçük iki kutuplu generatörler için). İletken soğutmalı generatörler için bu ihtiyaç artar. Yaklaşık bir hesapla, iki kutuplu iletken soğutmalı generatörler için uyarma sistemi gücü 3.5 kw/1000 kVA'yı bulur. Dört kutuplu iletken soğutmalı generatör için ise 2.3 kw/1000 kVA kadardır. Bu kabuller % 20 toleransla muhtemelen doğrudur. Generatör dizaynlarında daha iyi ve daha fazla verimli malzeme kullanılmasına gidildikçe uyarma sisteminin güç ihtiyaçları da artacaktır. Yine de bu artış kVA olarak generatör gücünün % 0,5'ini aşmayacaktır.



Şekil 2.1 iletken soğutmalı generatörler için uyarma sistemi güçleri.

Generatör gücünün yüzdesi olarak her ne kadar uyarma sistemi gücü düşükse de, generatör akımının kontrolü ve sağlanması önemlidir, çünkü uyarma sistemi;

- 1- Generatör uç gerilimini ve reaktif güç akışını sınırlar (kontrol eder)
- 2- Makinanın bağlandığı sistemle senkron kabiliyetini arttırır ve taşıma hattı kullanım kapasitesini büyütür.
- 3- Ünite güvenilirliğine ve kullanılabilirliğine direkt olarak etki eder.

2.2 BİR UYARMA SİSTEMİNİN BİLEŞENLERİ

Generatör uyarma sistemi, mekaniki ve elektriki sistemlerin koordinasyonundan oluşur. Bu bileşenler beş fonksiyonel kategoride sınıflandırılabilir:

- 1- Güç kaynağı,
- 2- Doğrultucu sistem,
- 3- Soğutma sistemi,
- 4- Kontrol fonksiyonları,
- 5- Koruma fonksiyonları.

2.2.1 GÜÇ KAYNAĞI : Uyarma sistemi, generatörün uyartımı için gerekli gücü sağlamalıdır. Bunun için, kendine gerekli gücü güvenilir bir kaynaktan almak zorundadır. Uyarma sistemi için gerekli gücü sağlamakta yaygın olarak kullanılan kaynakları şöyle sıralayabiliriz:

- a. Generatörle aynı mil üzerinde, tahrik makinası ile beraber tahrik olunan bir doğru akım makinası,
- b. Santralde bulunan bir yardımcı bara,
- c. Generatör içindeki özel sargılar,
- d. Generatör çıkış gerilimi.

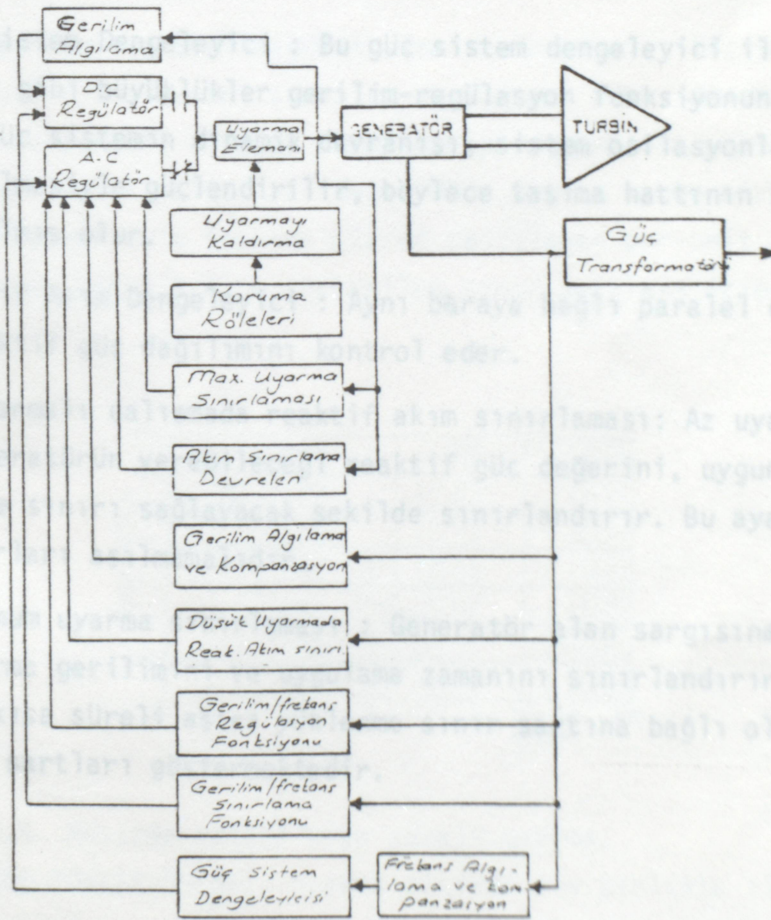
2.2.2 DOĞRULTUCU SİSTEM : Yukarıda bahsedilen kaynaklardan elde edilen gerilim genelde alternatif akımdır. Bu gerilimlerin generatör için doğrultulması gerekir. Geçmişte uyarma elemanı olarak generatörle aynı mil üzerinde bulunan bir doğru akım makinası kullanılmaktaydı ve elde edilen gerilim doğru gerilimdir. Bugün ise diğer kaynaklar kullanılmakta ve doğrultucu olarak tristörler kullanılmaktadır.

2.2.3 SOĞUTMA SİSTEMİ : İlk sistemlerde, birçok uyarma sisteminin bileşenlerinin soğutulmasında hava yaygın olarak soğutma ortamı idi. Bugünün sistem-

Terinde malzemenin yüksek verimle kullanılmasını sağlamak, sistem dizaynının optimum olmasını temin etmek üzere gaz veya likid hidrojen soğutma amacıyla kullanılmaktadır.

2.2.4 KONTROL FONKSİYONLARI : Bir güç sistemin önemli temel niteliklerinden birisi de müşterilerine her zaman ideal sabit bir gerilim sağlamaktır. Generatör uçlarındaki gerilim, yükün ve güç faktörünün değişmesine bağlı olarak geniş sahada değişmeler gösterir. Gerilimin sabit tutulması için alan akımının ayarlanması gerekir. Bu ayarlama el ile veya otomatik olarak gerilim regülatörü ile yapılır.

Generatör gerilim regülatörü, uyarma sisteminin gerçek kontrolünü sağlar. Esas itibariyle, anormal şartların sebep olduğu ani sistem gerilim değişmelerinde, generatör uç geriliminin normal değerine hızlı bir şekilde ulaşmasını sağlar ve bu gerilimi devamlı olarak kontrol eder. Başka maksatlar için ilave kontrol devreleri kontrol fonksiyonları kapsamına alınır. Şekil 2.2 ayrıntılı olarak koruma ve kontrol devrelerini göstermektedir.



Şekil 2.2 Tipik bir uyarma sisteminin kontrol ve koruma devreleri

Kontrol ve koruma devreleri aşağıdaki temel fonksiyonları sağlarlar :

1- AC gerilim regülatörü : Generatör şartlarına uygun olarak kesintisiz ve hızlı şekilde uyarma sisteminin çıkış gerilimini kontrol ederek, generatörün, güç sistemi ile ilgili olan kararlı-hal ve geçici kararlılık sınırlarını arttırır.

a. Kararlı hal: generatör üzerindeki yük ve güç faktörünün bütün normal şartları için uyarma sisteminin çıkış gerilimini ayarlayarak, generatör uç geriliminin belirli değerde kalmasını sağlar. Zıt çalışma şartları altında, tam yüklü çalışma durumunda generatörün kararlı-hal stabilite sınırlarını arttırır.

b. Geçici hal: güç sisteminin anormal şartları sırasında, uyarma sisteminin çıkış gerilimini süratle değiştirerek, generatör uç geriliminin normal değerine dönmelerini mümkün olduğu kadar hızlı şekilde sağlar. Fazla şiddetli arızalar anında generatörün sistemle senkron kalmasını temin eder. Generatörün yükünün ani olarak kalkması durumunda oluşacak aşırı gerilim, uyarma sistemine hızla cevap vererek azaltır.

2- Güç Sistem Dengeleyici : Bu güç sistem dengeleyici ile alınan mi1 hızı, frekans, güç gibi büyüklükler gerilim-regülasyon fonksiyonuna ek olarak kullanılabilir. Güç sistemin dinamik davranışı, sistem osilasyonlarının hızlı sönümlendirilmesiyle güçlendirilir, böylece taşıma hattının kullanım kapasitesi arttırılmış olur.

3- Reaktif Akım Dengeleyici : Aynı baraya bağlı paralel çalışan generatörler arasında reaktif güç dağılımını kontrol eder.

4- Az uyarmalı çalışmada reaktif akım sınırlaması: Az uyarmalı bir çalışmada bir generatörün verebileceği reaktif güç değerini, uygun bir kararlı-hal stabilite sınırları sağlayacak şekilde sınırlandırır. Bu ayarlama güvenli çalışma sınırlarını aşmamalıdır.

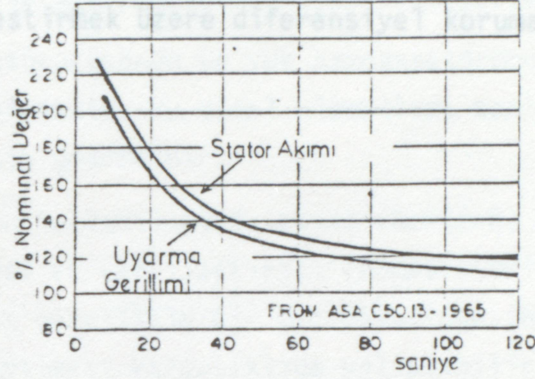
5- Maksimum uyarma sınırlaması : Generatör alan sargısına uygulanabilecek maksimum uyarma gerilimini ve uygulama zamanını sınırlandırır. Bu sınırlama generatörün kısa süreli aşırıyüklenme sınır şartına bağlı olarak yapılır. Şekil 2.3 bu şartları göstermektedir.

Şekil 2.4. Müsaade edilen kısa süreli uyarma.

2.2.5 KORUMA FONKSİYONLARI: Uyarma sistemi ile birlikte ilave koruma dev-

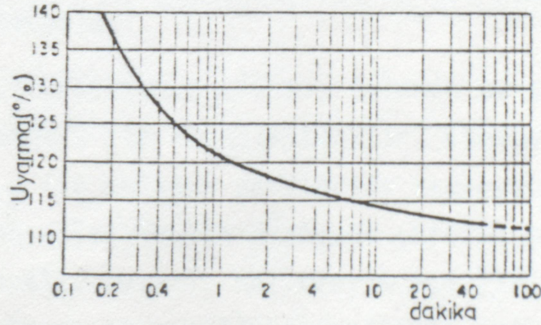
relerini regülatörler, sınırlandırıcılar ve koruma fonksiyonları olarak tanımlayabiliriz. Bütünlü koruma sistemi ile bu devrelerin uygun koordinasyonu, uyarma sistemi ve generatörün maksimum müsaade edilebilir geçici hal (arızalı) çalışmasına izin verecektir. Koruma cihazları uyarma sisteminin arızalı çalışmasını

devre dışı yapılmalıdır. Böylece generatörün servis devamlılığını sağlamış olacaktır. Generatör stator sargılarında kısa devre arızası meydana geldiğinde uyarma, hasarı minimize etmek üzere mümkün olduğunda çabuk kaldırılmalıdır. Generatör alan kesicisi, uyarma sistemini besleyen kesici ve diğerleri bu korumaları gerçekleştiren birer difansiyel koruma röleleri ile sağlanmalıdır.



Sekil 2.3 Generatör kısa süreli yüklenme kapasiteleri.

6- U/f (Gerilim/Frekans) regülatörler ve koruması : Güç santralindeki teçhizatın aşırı uyarılmasını sınırlar ve kontrol eder. Aşırı uyardan maksat, bir elektromagnetik cihazda demir nüveyi doyuracak, yüksek demir kayıpları meydana getirecek yüksek akı değeridir. Akının uygun bir ifadesi, per-unit gerilim/per-unit frekans olarak tanımlanan per-unit uyardır. Kontrol ve koruma şekil 2.4'te gösterilen sınır şartları içinde çalışmayı sağlamalıdır.



Sekil 2.4 Müsaade edilen kısa süreli uyarma.

2.2.5 KORUMA FONKSİYONLARI: Uyarma sistemi ile birlikte ilave koruma devrelerini regülatörler, sınırlandırıcılar ve koruma fonksiyonları olarak tanımlayabiliriz. Röleli koruma sistemi ile bu devrelerin uygun koordinasyonu, uyarma sistemi ve generatörün maksimum müsaade edilebilir geçici hal (arızalı) çalışmasına izin verecektir. Koruma cihazları uyarma sisteminin arızalı kısmını

devre dışı yapabilmelidir. Böylece generatörün servis devamlılığını sağlamış olacaktır. Generatör stator sargılarında kısa devre arızası meydana geldiğinde uyarma, hasarı minimize etmek üzere mümkün olduğunda çabuk kaldırılmalıdır. Generatör alan kesicisi, uyarma sistemini besleyen kesici ve diğerleri bu korumaları gerçekleştirmek üzere diferansiyel koruma röleleri ile enerjilenmelidir.

Şekil-2.1'de gösterildiği gibi, uyarma sistemi için uyarma sistemi modülleri...

Yük kompanzasyonu için kullanılan kapasitörler için dikkatli bir basit atılım işlemi... Generatör uc gerilimi... rücuda film... tek zaman... çok düşük...

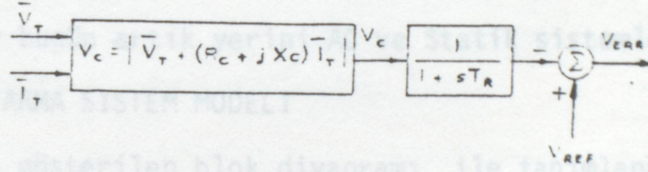
Yük kompanzasyonu için... gerilim karşıtı... gerilim regülatörü... hesaplanır... bir diğer... gerçekleştirecek... rüka... diğerleri... rüka...

UYARMA SİSTEM MODELLELERİ

Uyarma sistemlerinin tanıtımına geçmeden önce, bu sistemlerde kullanılan gerilim dönüştürücü ve yük kompanseöründen bahsedeceğiz.

Uç gerilim dönüştürücüsünün ve yük kompanseörünün bir blok diyagramı şekil 2.1'de gösterilmiştir. Bu model elemanları tarif edeceğimiz bütün uyarma sistemi modelleri için geçerlidir.

Yük kompanseyonu kullanılmadığı zaman ($R_c=X_c=0$) blok diyagramı bir basit algılama devresi ve karşılaştırıcı (Komparatör)'ya indirgenir. Generatör uç gerilimi ölçülerek genellikle bir d.c büyüklüğe indirgenir. Gerilim dönüştürücüde filtreleme yapılması karmaşıklığa yol açabilir, bu durumda modellemeye tek zaman sabiti gösterimine gidilebilir. Birçok sistem için, bu zaman sabiti çok küçüktür ve bu değerin sıfıra ayar edilmesi sağlanmalıdır.



Şekil 3.1 Uç gerilim dönüştürücüsü ve yük kompanseyonu elemanları.

Uç gerilimi dönüştürücüsünün çıkışı, istenen uç gerilimine karşılık düşen bir referans değeri ile karşılaştırılır. Eşdeğer gerilim regülatörü referans sinyali V_{REF} ilk çalışma şartlarını sağlayacak şekilde hesaplanır. Bu değer, generatörün çalışılmakta olan yük şartına bağlı bir değer olacaktır. Oluşan hata sinyali, kararlı hal çevrim eşitliklerini gerçekleştirecek şekilde uyarma ve istenen uç gerilimini sağlamak için kuvvetlendirilir. Yük kompanseyonu olmaksızın uyarma sistemi, regülasyon karakteristikleri dahilinde, referans sinyali ile belirlenmiş uç gerilimini sağlamaya çalışır.

Yük kompanseyonu istenirse, R_c ve X_c 'nin uygun değerleri seçilir. Giriş değişkenleri olan generatör akım ve gerilim değerleri kompanseör işlemi için fazör formda olmalıdır.

Kompanzasyonun bu tipine aşağıdaki iki yoldan biri şeklinde kullanılır.

1. Generatörler aralarında empedans olmadan paralel bağlandığında, bir suni kuplaj empedansı meydana getirmek için kompanzasyon kullanılır. Bu durumda generatörler uygun reaktif güç paylaşımı yaparlar. Bu durumda R_c ve X_c 'nin değerleri pozitifdir.

2. Tek bir generatör bir empedans üzerinden veya iki ve daha fazla generatör bir transformatör üzerinden sisteme bağlandığında, makina terminali üzerinde bir noktada regülasyon gerilimi arzu edilebilir. Örnek olarak, transformatör empedansının bir kısmı ve yol verme transformatörü üzerinden bir noktada etkin regülasyon gerilimi için kompanzasyon gerekebilir. Bu durumda ise R_c ve X_c negatif değerlidir.

Genellikle R_c bileşeni ihmal edilir ve sadece X_c hesaba katılır. Bazı kompanzasyon devreleri, generatör akımının aktif ve reaktif bileşenleri yerine aktif ve reaktif gücün bir fonksiyonu olarak uç gerilimini şekillendirecek şekilde çalışırlar.

3.1 D.C SİSTEMLER

Bu sistemler bugün artık yerini AC ve Statik sistemlere terk etmiştir.

3.1.1 DC1 TİP UYARMA SİSTEM MODELİ

Şekil 3.2'de gösterilen blok diyagramı ile tanımlanan bu model kesintisiz çalışan gerilim regülatörü, alan kontrollü DC makina ihtiva eden sistemleri tanımlar. Uyarma elemanı alan kontrollü bir doğru akım makinasıdır ve regülatörler magnetik, döner veya reostatik şekilde olabilir.

Bu modelin prensip girişi, yukarıda tanımlandığı gibi yük kompanzasyon modelinden ve uç gerilimi dönüştürücüsünden alınan V_{ERR} uç gerilimi hata sinyalidir.

Toplayıcı noktada ise V_s ve V_{ERR} toplanır. V_F dengeleme geribesleme gerilimi bu toplamdan çıkartılır. Kararlı halde V_s ve V_F işaretleri sıfırlanır. Dolayısıyla sadece uç gerilimi hata işareti kalır. Oluşan sinyal regülatörde kuvvetlendirilir. Gerilim regülatörü ile ilgili K_A kazancı T_A zaman sabiti, doyma uç değersiz tipik limitleri ile veya amplifikatör güç kaynağı sınırlamaları ile birlikte gösterilir. Uç değer ve uç değersiz sınırlama EK-F'de tanımlanmıştır. Bu gerilim regülatörleri, generatör veya yardımcı

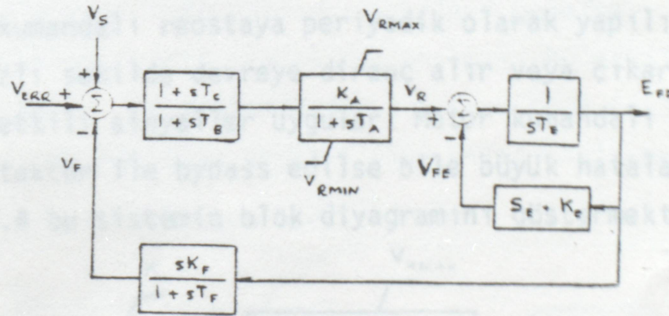
baradaki kısa geçici olaylardan etkilenmeyecek güç kaynaklarından beslenmelidir. T_B ve T_C zaman sabitleri gerilim regülatörünün tabiatındaki eşdeğer zaman sabitlerini modellemede kullanılabilir. Fakat bu sabitleri ihmal edebilecek kadar küçüktür.

Gerilim regülatörünün çıkışı V_R , EK-A'da verilen serbest veya kendinden uyarmalı doğru akım generatörünü kontrol etmek için kullanılır. Kendi kendini uyaran şönt generatör kullanılması halinde K_E şönt sargı ayar reostasına ait terim olur.

Bu sistemlerin çoğunda kendinden uyarmalı şönt generatör kullanılır ve bu sistemler " buck-boost" olarak tanımlanır. Gerilim regülatörü operatör tarafından periyodik olarak reosta ile çıkışı sıfır yapacak şekilde kontrol edilir. Bu, K_E değerinin uygun seçimiyle simüle edilebilir. Şöyleki ; EK-A'da tanımlandığı gibi V_R 'nin sıfır yapılmasıyla ilk şartlar yerine getirilir.

S_E terimi EK-C'de belirtildiği üzere uyarma elamanının doymasını gösterir ve bu değer uyarma elmanı çıkış gerilimi E_{FD} 'nin bir fonksiyonudur. E_{FD} 'den elde edilen V_F sinyali uyarma sisteminin kararlılığını sağlamak için kullanılır. Bu EK-D'de gösterilmiştir.

EK-B'de, per-unit sistem ve regülatör limitleri ile alan gerilimi limitleri arasındaki ilişki verilmiştir.

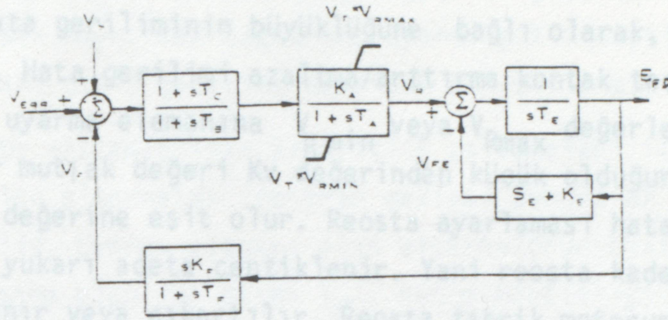


Şekil 3.2 DC1 tip uyarma sistemi blok diyagramı

3.1.2 DC2 TİP UYARMA SİSTEM MODELİ

Şekil 3.3.'te gösterilen bu model, kesintisiz çalışan gerilim regülatörlü alan kontrollü doğru akım makinası ihtiva eder. Ancak burada regülatöre

generatörden veya baradan besleme vardır. Tip DC1'den farkı, gerilim regülatörü çıkış sınırları burada generatör uç gerilimi V_T ile orantılıdır.



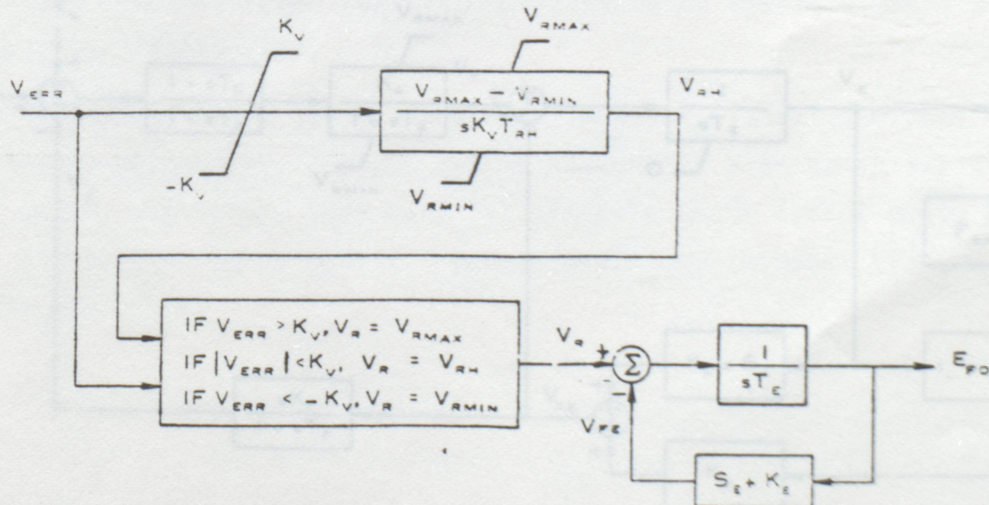
Şekil 3.3 DC2 tip uyarma sistemi blok diyagramı.

Bu model, eski mekaniksel ve döner amplifikatör teçhizatın değişik formlarıyla yer değiştiren kontrollü katı hal doğrultucuları temsil etmektedir.

3.1.3 DC3 TİP UYARMA SİSTEM MODELİ :

Bundan önce tanıtılmaya çalışılan sistemler, ilk üretilen yüksek kazançlı hızlı etkili uyarma kaynaklarını temsil etmektedirler. DC3 tip sistem daha eski sistemleri temsil etmektedir. Burada da uyarma elemanı bir doğru akım generatörüdür ve regülatör kesintili çalışmaktadır.

Bu sistemler, gerilim hatasının büyüklüğüne bağlı olarak, temelde iki farklı orana cevap verirler. Hatanın küçük değerleri için ayarlama, bir işaret ile motor kumandalı reostaya periyodik olarak yapılır. Daha büyük hata değerleri hızlı şekilde devreye direnç alır veya çıkartır ve uyarma elemanına şiddet etkili sinyaller uygular. Motor kumandalı reostanın sürekli hareketi bir kontaktör ile bypass edilse bile büyük hatalar meydana getirmektedir. Şekil 3.4 bu sistemin blok diyagramını göstermektedir.



Şekil 3.4 DC3 tip kesintili çalışan regülatörlü uyarma sistemi blok diyagramı

Şekil 3.5'te gösterilen bu sistem alan kontrollü alternatör-doğrultucu uyarma sistemlerini temsil etmektedir. Bu uyarma sistemi alternatör ana uyarma elemanı ve kontrolsüz doğrultucu ihtiva eder. Uyarma elemanı kendinden uyarılabilir değildir ve gerilim regülatörü için gerekli güç, harici geçici olaylardan etkilenmeyen bir kaynaktan sağlanır. Uyarma çıkışındaki diyot karakteristiği uyarma elemanı çıkış gerilimi üzerinde bir sıfır alt sınırlaması yapar.

Büyük güç sistemlerinin kararlılık çalışmaları için, uyarma elemanı olarak kullanılan alternatör (senkron makina) burada en basit modellenmesiyle gösterilebilir. Uyarma elemanı olan alternatörün çıkış gerilimi V_E 'nin dinamik davranışına olan yük akımı I_{FD} 'nin mıknatıslığı yoketme etkisini geri besleme yolu üzerindeki K_D sabiti kontrol eder. Bu sabit, uyarma elemanı alternatörün senkron ve geçici reaktanslarının bir fonksiyonudur.

Doğrultucu regülasyona bağlı alternatör çıkışındaki gerilim düşümü, komütasyon reaktansının bir fonksiyonu olan K_C sabiti ve EK-E'de tanımlandığı gibi doğrultucu regülasyon eğrisi F_{EX} 'e yapılacak bir yaklaşımla simüle edilebilir.

Bu modelde, uyarma elemanı alan akımı ile orantılı bir V_{FE} sinyali elde edilir. Bu işlem için önce alternatör çıkış gerilimi V_E ile $K_E + S_E$ terimi (S_E doymayı tanımlar) çarpılır, daha sonra I_{FD} akımı mıknatıslığı yoketme terimi K_D ile çarpılır. Elde edilen son iki işaret toplanarak V_{FE} işareti elde olunur. Bu sinyal uyarma elemanı alan akım sinyalidir. AC1 tip modelde bu sinyal uyarma sistem dengeleyicisine giriş olarak kullanılır.

3.2.2 AC2 Tip Uyarma Sistem Modeli:

Şekil 3.6'da AC2 tip olarak gösterilen bu sistem, hızlı başlangıç cevabı, alan kontrollü alternatör-doğrultucu uyarma sistemlerini temsil eder. Ana uyarma elemanı olan alternatörle birlikte kontrolsüz doğrultucular kullanılır. Bu tip AC1 tip ile benzerdir. Bu sistemde ek olarak iki alan akımı geri besleme çevrimi, zaman sabiti kompozasyonu ve uyarma elemanı alan akım sınırlayıcıları kullanılır.

Uyarma elemanı zaman sabiti kompozasyonunda V_H işareti; direkt negatif geribeslemede kullanılır. Böylece uyarma elemanının alan zaman sabitinin efektif değeri azaltılır, buna karşılık sistemin küçük işaret cevap band genişliği arttırılır. Zaman sabiti, kompozasyon çevrimindeki $(1 + K_B \cdot K_H)$ kazancı ile azaltılır.

Bu yüksek başlangıç cevaplı uyarma sisteminde uyarma elemanı çıkış devresinde tam dalga tristör köprüsü kullanılır. Gerilim regülatörü kristörlerin tetikleme açısını kontrol eder. Alternatör, çıkış gerilimini sabit bir değere kontrol etmek üzere bağımsız bir gerilim regülatörü kullanır. Bunun etkileri yukarıdaki modelmemede gösterilmemiştir, bununla beraber alternatör üzerindeki geçici yüklemeye etkileri gözönüne alınmıştır. Uyarma elemanı yüklenebilirliği EK-E'de tanımlandığı gibi örnek olarak Mod 1 bölgesinde sınırlandırılır. Yükleme etkisi, uyarma sınırlarını tesbit etmek için kullanılan uyarıcı makinanın yük akımı ve komütasyon reaktansı kullanılarak hesaplanabilir. T_B ve T_C zaman sabitlere kontrol fonksiyonlarını simüle etmede kullanılabilir. Regülatör ve/veya tristörlerin tetiklenmesi ile ilgili eşdeğer kazanç ve zaman sabitleri K_A ve T_A ile simüle edilebilir.

3.3 ST Tip Statik Uyarma Sistemleri :

Bu uyarma sistemleri gerilimi (bileşik sistemlerde aynı zamanda akımı) uygun bir değere dönüştürmek için bir transformatör kullanır. Doğrultucular generatör alanı için gerekli doğru akımı sağlamak üzere kontrollü veya kontrolsüz olabilirler.

Bu sistemlerin çoğundan negatif alan gerilimi elde edilebilir, buna karşılık negatif alan akımı elde edilemez. Bunun için daha detaylı modeller gerekmektedir.

Statik sistemlerin çoğunda uyarma gerilimi çok yüksek değerlere çıkabilir. Bu yüzden uyarma sistemini ve generatör rotor sargılarını korumak için ilave alan akım sınırlama devreleri kullanılır. Bu gibi ek devreler blok diyagramlarında gösterilmemiştir.

3.3.1 ST1 Tip Uyarma Sistemi :

ST1 tip , gerilim kaynaklı-kontrollü doğrultuculu uyarma sisteminin bilgisayar gösterimi şekil 3.9'da gösterilmiştir. Bu gösterim, uyarma gücü generatör terminalinden veya yardımcı baradan beslenen bir transformatörden sağlanan bütün sistemler için geçerlidir. Bu sistemlerde elde edilebilecek maximum uyarma gerilimi direkt olarak generatör uç gerilimiyle ilgilidir.

Bu tip sistemlerde, zaman sabitleri çok küçüktür dolayısıyla uyarma sistemi için stabilizasyon gerekmez. Diğer taraftan, EK- D'de gösterildiği gibi başka sebepler için geçici kazanç azaltılması işlenebilir. Verilen modeller, ileri besleme yolundaki T_B ve T_C 'nin her ikisiyle veya geribesleme yolundaki K_F ve T_F 'nin uygun seçilmiş değerleriyle yerine getirilmiş Geçici Kazanç Azaltma gösterimi için yeterince çokyönlüdür. Gerilim regülatörü kazanç ve uyarma sistemi zaman sabitleri K_A ve T_A ile gösterilir,

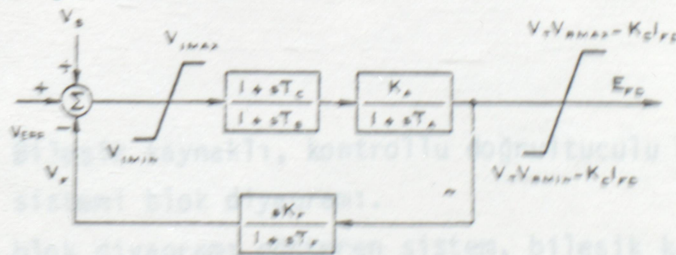
Uç geriliminin (uyarma sisteminin yardımcı bir baradan beslenmesi durumu hariç) ve generatör uyarma akımının fonksiyonları olan uyarma gerilimi sınır değerleri modellenmelidir. Generatör alan akımının lineer fonksiyonu olarak uyarma gerilimi sınırlarının gösterimi mümkündür. Çünkü bu sistemlerde doğrultucu köprünün çalışması EK-E'de tanımlandığı gibi model bölgesinde sınırlandırılmıştır. Ek olarak, transformatörden beslenen birçok sistemlerde K_C terimi çalışmalar için ihmal edilebilecek kadar küçüktür.

Bu uyarma sistemlerinin çoğunda tam kontrollü doğrultucu köprüler kullanılırken, negatif tepe geriliminin sifıra ayar edileceği durumlarda yarı kontrollü köprüler de kullanılabilir.

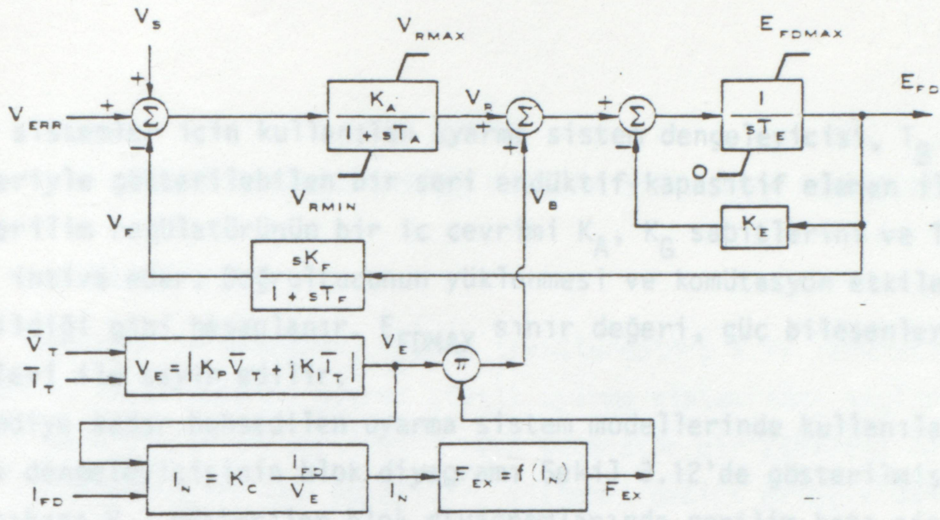
Uygulamadaki birçok sistemlerde, tristör tetikleme açısının köprü çıkışına karşılık gelen kosinüs karakteristiği, regülatör çıkışı ile tetikleme açısı arasındaki bir ters-kosinüs fonksiyonu ile kompanse edilir. Bu sistemlerde K_A bir sabittir ve uyarma elemanın kaynak geriliminden bağımsızdır. Bazı sistemlerde, ters-kosinüs kompanzasyonu kullanılmaz ve bu durumda K_A kaynak gerilimine bağlı bir kosinüs fonksiyonu olup ST1 tip model bazı tip çalışmaları için bu sistemlere yaklaşım olarak kullanılabilir fakat diğer tipler için daha doğru olarak gösterimler gerekecektir.

3.3.2 ST2 Tip Uyarma Sistem Modeli

Bazı statik sistemler hem gerilim hem de akım (generatör uç büyüklükleri) kaynakları kullanır ve bu kaynakları karşılaştırır. Bu sistemler, bileşik kaynaklı, doğrultuculu uyarma sistemleri olarak adlandırılır. ST2 tip olarak tanımlanmış sistemin blok diyagramı şekil 3.10'da gösterilmiştir. Generatör uç gerilimi V_T ve akımı I_T 'nin fazör büyüklüklerini şekillendirir. Doğrultucu yükleme ve komütasyon etkisi EK-E'deki gibi hesaplanır. E_{FD} max magnetik cihazların doymasına bağlı uyarma elemanın gerilim sınırını gösterir. Regülatör uyarma elemanın çıkışını güç transformatörünün doymasına bağlı olarak kontrol eder. T_E terimi kontrol sargılarının endüktansı ile ilişkili integrasyon oranını gösterir.



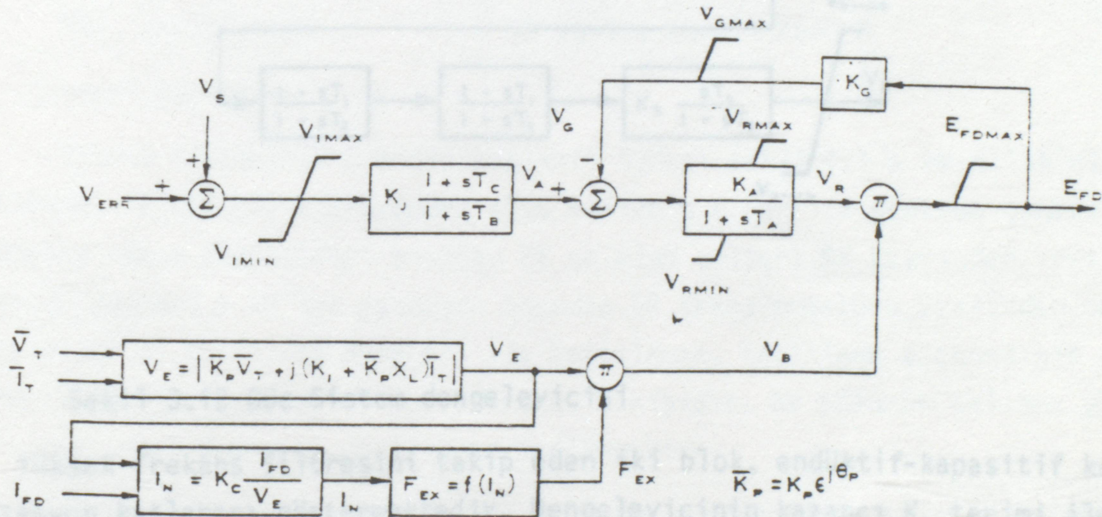
Şekil. 3.9 Gerilim kaynaklı-kontrollü doğrultuculu ST1 tip uyarma sistemi blok diyagramı.



Şekil 3.10 ST2 tip bileşik kaynaklı doğrultulu uyarma sisteminin blok diyagramı.

3.3.3 ST3 Tip Uyarma Sistemi :

Bazı statik uyarma sistemleri, uyarma gücünün kaynağını şekillendirmek üzere generatör büyüklüklerini kullanır. Bu büyüklükler, fazör şeklinde elde edilebilen generatör uç gerilimi ve akımıdır.

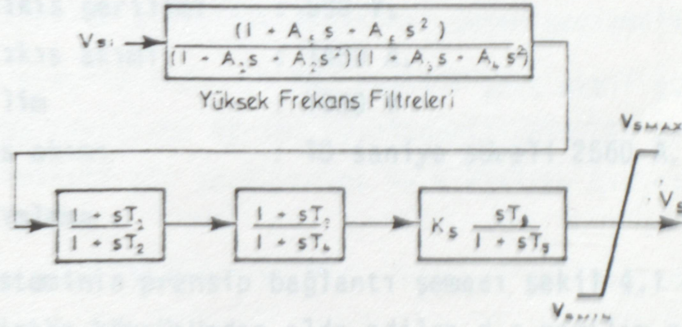


Şekil 3.11 Bileşik kaynaklı, kontrollü doğrultuculu ST3 tip uyarma sistemi blok diyagramı.

Şekil 3.11'de blok diyagramı gösteren sistem, bileşik kaynaklı kontrollü doğrultuculu uyarma sistemi olarak bilinir. Kullanılan doğrultucu köprü kontrolüdür.

Bu sistemler için kullanılan uyarma sistem dengeleyicisi, T_B ve T_C zaman sabitleriyle gösterilebilen bir seri endüktif-kapasitif eleman ile sağlanır. Alan gerilim regülatörünün bir iç çevrimi K_A , K_G sabitlerini ve T_A zaman sabitini ihtiva eder. Doğrultucunun yüklenmesi ve komütasyon etkileri EK-E'de gösterildiği gibi hesaplanır. E_{FDMAX} sınır değeri, güç bileşenlerinin doyma seviyeleri ile tayin edilir.

Şimdiye kadar bahsedilen uyarma sistem modellerinde kullanılan uyarma sistemi dengeleyicisinin blok diyagramı Şekil 3.12'de gösterilmiştir. Dengeleyicinin çıkışı V_S , gösterilen blok diyagramlarında gerilim hata sinyali V_{ERR} ile toplanır. Yaygın olarak kullanılan dengeleyicilerin girişi, güç, hız, frekans ve generatör uç gerilimi olabilir.



Şekil 3.12 Güç Sistem dengeleyicisi

Yüksek frekans filtresini takip eden iki blok, endüktif-kapasitif kom-pansasyon katlarını göstermektedir. Dengeleyicinin kazancı K_S terimi ile ayar edilir.

AMBARLI TERMİK SANTPALI UYARMA SİSTEMİNİN İNCELENMESİ

4.1 ANA ÖZELLİKLERİ :

Generatörün uyarması, uyarma transformatörü 6 kV yardımcı baradan beslenen ve kendi kendini uyaran statik uyarma sisteminden sağlanır. Uyarma sistemi, generatörün uç gerilimini veya generatör bir şebekeye bağlı ise reaktif gücünün kontrolünü yapabilir, sistemin geçici arızalardan sonra normal çalışma şartlarına hızlı dönmesini temin edebilir, enerji sisteminin kararlılığını artırır, generatörün istenen şartlarda çalışmasını sağlar.

Bunlara ek olarak, iki-kanal prensibi ve lojik sistem, enerji sisteminin güvenli çalışmasını artırır.

* Ana teknik veriler :

Nominal çıkış gerilimi	: 590 V.
Nominal çıkış akımı	: 1450 A.
Tepe gerilim	: 1030 V
Max. çıkış akımı	: 10 saniye süreli 2560 A.

* Genel tanımlama :

Uyarma sisteminin prensip bağlantı şeması şekil 4.1 a ve 4.1.b'de görülmektedir. TE tristör köprüsünden elde edilen d.c gerilim senkron generatörünün rotoruna kutup değiştirici anahtar PV ve alan şalteri GK üzerinden verilir. Tristör köprüsü 6 kV'luk yardımcı baradan TR transformatörü üzerinden beslenir. Tristörler GY tetikleme düzeneği ile tetiklenir. Tetikleme düzeneğinin giriş sinyali gerilim veya akım regülatörünün çıkışıdır. Bu bölümün çalışma güvenliğini arttırmak üzere şu özellikler sağlanmıştır.

TE tristör teçizatında paralel kollarla birden fazla tristör bulunmaktadır. Bir tristör arızalandığında sistemin çalışması diğer tristörler tarafından devam ettirilir.

Regülatör iki kanallıdır. Birinci kanal otomatik kanaldır. Bu kanal, generatör için verilen, P-Q diyagramının sınırları içinde çalışmasını sağlamak üzere ikinci akım regülasyonlu bir gerilim regülatörü ve sınırlama devrelerini içerir.

Referans gerilim AI1'de şekillenir. Generatör gerilimi $0,9... 1,1 \times U_n$ arası kontrol odasından butonlar vasıtasıyla değiştirilir. Sınırlama işlemi KB ünitesinde gerilim referans sinyalinin sınırlandırılmasıyla gerçekleştirilir. Gerilim sinyali gerilim transformatörü VT ve ikincil transformatör FVE'den alınır. Bu gerilim CT ve A3 ile ölçülen stator akımının reaktif bileşeni ile "komp" devresinde karşılaştırılır. Bu değer FE doğrultucusu üzerinden FS gerilim regülatörüne verilir. FS gerilim regülatörünün çıkışı AK ünitesi ile sınırlandırılan akım referansıdır.

AS1 rotar akım regülatörüdür. Rotor akım sinyali AEH akım transformatörü, ikincil A1 akım transformatörü ve E1 doğrultucusundan alınır.

Sınırlandırıcı a.c gerilim sinyalini fık gerilim transformatöründen, d.c gerilim sinyalini FE üzerinden ve akım sinyalini A4 transformatöründen alır, MSF, MK ve SAK için bu sinyalleri şekillendirir.

Stator akımı sınırlandırıcısı SAK, stator akımını ayarlanan değerde sınırlı tutar. Sınırlandırıcının çalışması zaman gecikmelidir.

Reaktif güç sınırlandırıcısı MK, reaktif gücü aktif gücün fonksiyonu olarak sınırlandırır. Bu fonksiyon eğrisi ayarlanabilir. Bu ayarlama, makine için müsaade edilen reaktif güç sarfiyatına ve stabilite sınırına bağlı olarak gerçekleştirilir.

Arıza uyarma sınırlandırıcısı U/f, frekans azaldığında gerilimi azaltır.

İkinci kanal elle kumandalı kanaldır, otomatik kanaldaki bir arıza durumunda devreye alınır, ikinci kanal bu anlamda yedek durumundadır. Bu kanal da, otomatik kanalda olduğu gibi AS2 rotor akım regülatörü A2 ikincil akım transformatörü ve E2 doğrultucusunu ihtiva eder. Akım referansı AJ1'de olduğu gibi AI2'de şekillendirilir.

Yedek regülatör, takip regülatörü KS üzerinden çalışmakta olan kanala ait gerilim referans sinyalini izler.

Kanal değişimi kontrol odasından butonlar vasıtasıyla yapılır. CV kanal değiştirme rölesidir. İki kanal arasındaki denge CVE ile kontrol edilir. Kanal değişimi çalışmakta olan kanalda bir arıza meydana geldiğinde otomatik olarak gerçekleşir. Elle geçişlerde kanal değişiminde ancak kanalda bir arıza yoksa ve sistem dengeli ise izin verilir.

Tristörler zorlamalı olarak fanlarla soğutulur. Uyarma sistemi röleler, anahtarlar ve soğutma fanları dışında hareketli parça ihtiva etmez. Soğutma fanları 0,4 kV gerilimle beslenirler.

ST senkronizasyon transformatörü ateşleme düzeneği için senkronizasyon gerilimi sağlar. Ateşleme ve kontrol teçhizatı için enerji 0,4 kV.luk sistemden TA1 ve TA2 doğrultuları üzerinden temin edilir. TA2 yedektir. S1, S2, SG ve SE üniteler için dengeleyicidirler.

TC ve TS aşırı gerilim koruma üniteleri olup, TG şebekeden, TS ise rotor tarafından gelebilecek aşırı gerilimleri sınırlandırır.

Uyarma sistemindeki herhangi bir arıza anında, arızanın karakterine bağlı olarak koruma devreleri ünitesi HKE'ya ikaz verir ya da santralın alarm koruma ünitesine açma verdirerek üniteyi devre dışı bırakır.

4.2 KUVVETLİ AKIM BÖLÜMÜ

Uçfazlı, köprü bağlantılı, tam kontrollü tristör doğrultucu uyarma transformatörünün sekonderine bağlanmıştır. Köprüdeki her kolunda 1 seri 4 paralel tristör vardır. Tristörlerin her biri ünite bloklarına monte edilmiştir. Her üniteye tristörlerden başka, tetikleme transformatörü, bir R-C devresi ve mikroanahtarlı sigortalar vardır. (Şekil 4.2.a ve 4.2.b). Mikroanahtarlar, sigortalar devreyi açtığı anda pozisyon değiştirerek işaret gönderirler. Tristörlerin vantilasyonu M1 ve M2 fanlarıyla sağlanır (Şekil 4.3) Tristör adedinin birden fazla olmasının sebebi, bir tristörün arızalanması halinde çalışmanın kesintisiz devam ettirebilmesi içindir. Birkaç tristör veya tristör üniteleri arızalandığında veya soğutma fanlar devre dışı kaldığında, koruma ünitesi rotor akım limit değerini uygun bir şekilde daha alt seviyeye ayar eder. Soğutma fanları 3x380 V, 50 Hz'lik yardımcı şebekeden beslenir. İki yardımcı şebeke mevcut olup birisi arızalandığında, fanlar diğerinden beslenir. Normal durumda her iki sistem de enerjili ise fanların çalışması X01-1,2,3 uçlarına bağlı şebekeden bağlanır (Şekil 4.3). Uyarma sistemi çalışmazken, fanlar SA3 test anahtarı ile çalıştırılabilir.

Tetikleme ünitesinin senkronizasyonu SZL senkronlama ünitesinden yapılır (Şekil 4.4). Generatör durmakta iken, SA1 anahtarının test pozisyonunda senkronizasyon sinyali 3x380 V, 50 Hz'lik şebekeden alınır.

Kapasitör tip aşırı gerilim koruma ünitesi, şebekeden gelebilecek aşırı gerilim dalgalanmalarını azaltmak (söndürmek) içindir. Aşırı gerilim dalgalanmaları C74... C76 kapasite gruplarını V79... V84 diodları üzerinden sarj eder. Kapasitelerin deşarjı R74...R77 dirençleri üzerinden olur.

FV11...FV44 selenyum gerilim bastırıcılarıdır ve d.c tarafa bağlanmıştır. D.C çıkış gerilimi UT2 gerilim dönüştürücüsüyle 4-20 mA'lık gerilimden bağımsız akım sinyaline dönüştürülür. 12,6 mA 590 V'a karşılıktır. Akım ölçümü SH1 şöntü üzerinden UT1 ölçme transformatörü ile yapılır. Gerilimden bağımsız çıkış 4-20 mA arasındır ve 12,9 mA, 1450 A'e karşılıktır.

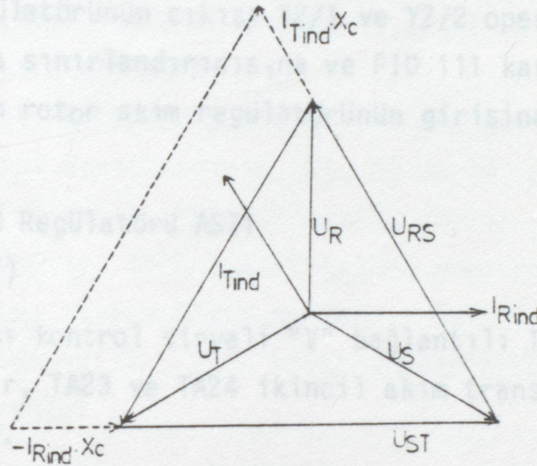
Teçhizat alan deşarj kesicisi GK ile açılır kapanır (Şekil 4.5). Kesici iki açma bir kapama bobini ile teçhiz edilmiştir ve güç devresine dört seri noktadan açtırma verir. Uyarma kesildiğinde, rotor bilezikleri RLG direnci üzerine kapatılarak rotor üzerindeki magnetik enerji hızlı ve güvenli olarak generatörden alınarak absorbe edilir. PV kutup değiştirici şalter ile rotor akımının yönü değiştirilebilir ve bu, fırçaların düzgün aşınmasını sağlamak için senede bir kere tedbir olarak yerine getirilmelidir.



4.3 Birinci Kanal

4.3.1 Gerilim Regülatörü

Çalışma prensibi şekil 4.6'da gösterilmiştir. Güç istasyonunun gerilim transformatörlerinden, stator gerilimi X01-5,-6 ve -7 numaralı terminallelerini takiben transformatörün TV10 ünitesine gelir. Nominal gerilimde ve "V" bağlantıda bu ünite 40 V'luk hat gerilimi verir. Gerilim, 10A ve 11A akım transformatörlerinin sekonderinden sağlanan stator akım sinyalinden R10 ve R 11 dirençleri uçlarından temin edilir. Faz bağlantıları, gerilimi azaltan reaktif akımın tevziine göre yapılmıştır.

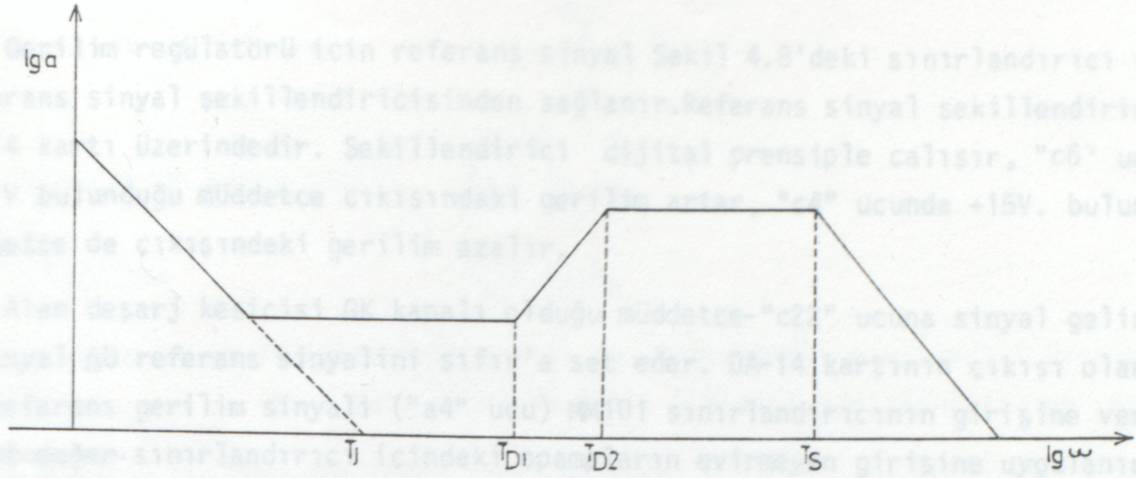


Bu yukarıdaki temel vektör diyagramından anlaşılabilir.

"-R" akımı ile orantılı olan gerilim "T-S" gerilimi ile arttırılmış gerilim kontrol sinyaline ilave edildiğinde "+T" akımıyla orantılı olan gerilim "R-S" gerilimine ilave edilir. Böylece, gerilim regülatörü $U_s + jx_c$ için ayar yapar. I_s akımının değeri, X_c gerekiyorsa R10 ve R11 dirençlerinin değerlerine bağlı olarak hesaplanır. Eğer bileşik karakter gerektirmiyorsa, üstteki iki direnç kısa devre edilir.

Gerilim kontrol sinyali M111 kartıyla doğrultulur ve sonra PID111 gerilim regülatör kartına iletilir. M111 kartındaki Y1 orantılı amplifikatörü, regülatörün diğer önemli noktalarına izole edilmiş referans sinyali sağlamak içindir. Gerilim regülatörü, PID 111 kartında oluşturulmuş P-I-D tipi regülatördür. Referans sinyali, nominal gerileme uyan ab girişine verilir. a4 girişinde nominal gerilimden sapma sıra bandında + %10 dan - % 10 a kadar değişen ΔV referans sinyalinden hesaplanır.

Gerilim regülatörünün PID kartının Bode diyagramı aşağıda gösterildiği gibi



Gerilimin artması durumunda gerilim regülatörünün çıkışı negatif yönde değişir. Gerilim regülatörünün çıkışı Y2/1 ve Y2/2 operasyonel amplifikatörlerini ihtiva eden rampa sınırlandırıcısına ve PID 111 kartının "c18" ucuna verilir. PID III kartından rotor akım regülatörünün girişine akım referans sinyali olarak verilir.

4.3.2 ROTOR AKIM Regülatörü ASZ1

(Şekil 4.7)

Rotor akımı kontrol sinyali "V" bağlantılı TA21 ve TA22 akım transformatörlerinden alınır, TA23 ve TA24 ikinci akım transformatörleri üzerinden doğrultucuya verilir.

Akım sinyali DI-1 doğrultucusu ile doğrultulur. Doğrultulan değer rotor akım dengelenir. Rotor akım regülatörü PID 112 kartı üzerindedir. Bu regülatör prensibi olarak gerilim regülatörü ile aynıdır.

Rotor akım regülatörünün referans sinyali, IK-11 kartı üzerindeki sınırlandırıcıdan alınarak regülatörün "a8" ucuna verilir. Sınırlandırıcının girişi gerilim regülatörünün (PID 111 kartından) çıkışıdır.

Zamanlı sınırlandırıcı IK-11'in "c18" ucuna rotor akım referans sinyali verilir. Bu sinyal gerilim regülatöründen alınır. Bu kart "c20" ucundan sınırlanmış referans sinyali verir. Y1/1 amplifikatörü, evirmeyen ucu üzerindeki gerilimden daha fazla veya ona mutlak değer olarak eşit sinyal üretir. Normal durumda bu sınır değer kararlı-hal rotor akımının maximum değerine R5-R6 dirençleri ile ayar edilmiştir. Arıza durumunda 29R, 30R ve 31R rölelerinin kontakları sırasıyla a4, c4 ve c2 uçlarına toprakla birleştirilerek R4, R3 ve R2 dirençleri ile ayarlanan sınır değerini azaltır. Zaman gecikmesinin sonunda T2 FET transistörü ilettime geçer. Bu transistör Y2 amplifikatörü ile kontrol edilir. Sınırlama olmadığı zaman, eğer sinyal mevcut sınır değeri aşarsa, R9 direnci üzerinden Y2/1 amplifikatörüne negatif değerden pozitive değişen bir gerilim uygulanır. Bu değişim Y2/2 amplifikatörünü ihtiva eden zamanlayıcı çalıştırır. Geçen zaman sonunda FET transistör ilettime geçer.

Gerilim regülatörü için referans sinyal Şekil 4.8'deki sınırlayıcı ve referans sinyal şekillendiricisinden sağlanır. Referans sinyal şekillendiricisi DA-14 kartı üzerindedir. Şekillendirici dijital prensiple çalışır, "c6" ucunda +15 V bulunduğu müddetçe çıkışındaki gerilim artar, "c4" ucunda +15V. bulunduğu müddetçe de çıkışındaki gerilim azalır.

Alan deşarj kesicisi GK kapalı olduğu müddetçe-"c22" ucuna sinyal gelir. - sinyal ΔU referans sinyalini sıfır'a set eder. DA-14 kartının çıkışı olan ΔU referans gerilim sinyali ("a4" ucu) MM101 sınırlayıcının girişine verilir. Limit değeri sınırlayıcı içindeki opamp'ın evirmeyen girişine uygulanır.

Y2/1 ve Y2/2 amplifikatörleri negatif yönde sınırlama yaparken, Y1/1 ve Y1/2 opamp'ları pozitif yönde sınırlama yaparlar. Negatif yöndeki sınırlama pozitif yöndeki sınırlamayı aşırı sürer.

Y1/1 amplifikatörü referans sinyalinin maximum değerini, Y2/1 amplifikatörü ise minimum değerini sınırlar. R3, R4 ve R7, /8 dirençleriyle gerilim regülatörünün regülasyon sahası buradan ayarlanabilir. Ayarlama $U_n \pm \%10$ sahası içinde gerçekleştirilir. Y2/2 amplifikatörü üzerinde, Y1/2 amplifikatöründe U/f sınırlayıcısı kullanılması halinde, reaktif güç sınırlayıcısı referans sinyalini şekillendirebilir. Y3/1 takip amplifikatörü denkleme (iki kanal arası eşzamanlı geçiş) sağlar.

Birinci kanal gerilim regülatörü 3 tane sınırlayıcı ihtiva eder :

- Stator akım sınırlayıcı (Şekil 4.9)
- Reaktif güç sınırlayıcı (Şekil 4.10)
- U/f sınırlayıcı (Şekil 4.8)

4.3.3 Stator akım sınırlayıcı :

Bu sınırlayıcının fonksiyonu makinanın korunmasına yönelik olarak stator akımını sınırlamaktır. Sabit - 15V gerilimden gelen referans işareti SA-11 kartı üzerinde R5 direnci vasıtasıyla sınırlama ayarlanır. Güç istasyonunun akım transformatorü devresine bağlı TA12-13-14'e gelen kontrol işareti (Şekil 4.10) ve yük dirençlerinin üzerinde düşen gerilim Y2/1, Y2/2, Y3/1, Y3/2 amplifikatörleri tarafından kuvvetlendirilir ve girişleri SA-11 kartı üzerinde D1-D6 diyotları ve toplayıcı amplifikatör Y1/1'i kapsayan doğrultucular tarafından doğrultulur (Şekil 4.9). Kontrol işareti R6 direncinden Y1/2 PI regülatörüne gider. Bunun dinamik özellikleri aşağıdaki gibi açıklanır :

Orantılı amplifikasyon : $A = \frac{R_8}{R_6}$

İntegrasyon zaman sabiti : $T_i = C_4 \cdot R_6$

Filtreleme : $T_s = C_5 \cdot R_8$

Regülatörün amplifikatörünün çıkışı zaman gecikmeli sınırlayıcı üzerinden kartın çıkışına verilir. Daha sonra da Şekil 4.8'deki sınırlandırıcıya verilir.

Eğer akım önceden ayarlanan sınır değerden daha az ise, SA/11 kartındaki Y1/2 amplifikatörünün çıkışı pozitif doymadadır. Y2/1 amplifikatörününkü de aynı şekilde pozitif doymadadır. Akımın ayarlanan değeri aşması halinde çıkış negatife döner ve Y2/1 amplifikatörünün evirmeyen girişi, eviren girişine göre negatif olacaktır. Amplifikatörün çıkışı da negatif yöne gidecektir, D7 diyodu üzerinden tetiklenen T1 transistörünün iletme geçmesinden sonra, iki girişin gerilimleri eşitleninceye kadar gerilim azalır. Böylece akım regülatörü gerilim regülatörü regülatörüne, akım sınır değerine ulaşmaya kadar zorla yükleme yapacaktır. T1 transistörünün gecikmeli iletme geçirilmesi bir zaman gecikmesi sağlar. Zaman R18 direnci ve C1 kapasitesi ile ayarlanabilir.

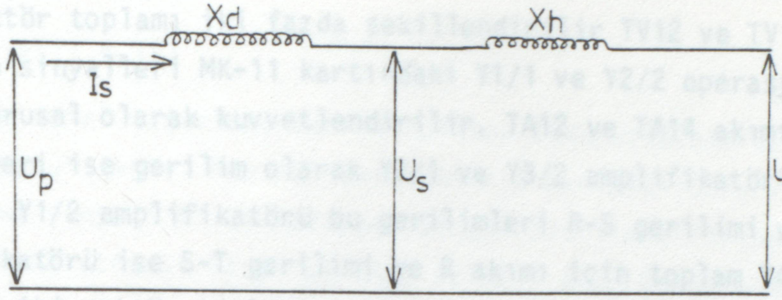
Akım kesicisinin kapanmasından sonra gerilim regülasyon çevriminin kapanması

Şekil 4.11'de gösterildiği gibi zamanlayıcı lojik devre ile gerçekleştirilir. Gerilim regülatörü kartı P1D 111 üzerindeki T1 FET transistörü ve reaktif güç sınırlayıcısı kartı P1D 113 üzerindeki T1 FET transistörü sıfırdan başladıklarından dolayı alan kesicisinin kapanmasından önce regülatörleri kısa devre ederler. Regülatörler üzerindeki zener diyodlar çıkışların regülasyon sınırını aşmasını önlerler. P1D 111 gerilim regülatör kartının regülasyon sahası 0 - (-12)V, P1D 112 akım regülatör kartının regülasyon sahası 0 - (+12) V arasıdır.

4.3.4 REAKTİF AKIM SINIRLAYICISI (MK)

(Şekil 4.10)

Bu sınırlayıcının fonksiyonu, az uyarmalı çalışma durumunda generatör yük açısının 90° 'yi aşmasını önlemek ve bu stabilite sınır değeri için yeterli güvenliği oluşturmaktır. Aşağıdaki basit şema sınırlayıcının çalışmasını göstermektedir.



U_p : Kutup gerilimi

U_s : Stator gerilimi

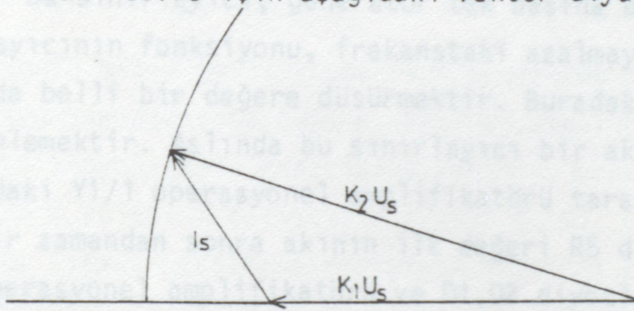
U : Sonsuz büyük şebekenin gerilimi

I_s : Stator akımı

X_d : Senkron reaktans

X_h : Şebeke reaktansı

Yukarıdaki devre için aşağıdaki vektör diyagramı çizilebilir



Eğer $K_1U_s + I_s < K_2U_s$ ise $\delta < 90^\circ$ kararlı bölgede çalışma,

$K_1U_s + I_s > K_2U_s$ ise $\delta > 90^\circ$ kararsız bölgede çalışma

oluşur. Burada δ yük açısıdır.

Reaktif güç sınırlayıcısının regülatörü P1D 113 kartına "c8" ucundan K_2U_s sinyali referans sinyali olarak verilir (stator gerilimi). Bu kartın kontrol sinyali $K_1U_s + I_s$ vektör toplamıdır. Kontrol sinyali regülatöre "a6" ucundan verilir ve bu değer Y5/1 amplifikatörünün çıkışıdır. Bu kontrol sinyali referans sinyalinden büyük olduğunda regülatör çıkışı pozitif yönde artmaya başlar. Bu değer M1 101 sınırlayıcı kartı üzerinde (Şekil 4.8), negatif sınırlamayı arttırmak suretiyle referans sinyalinin seviyesini arttırır.

4.3.4 İKİNCİ KANAL

Vektör toplamı iki fazda şekillendirilir TV12 ve TV13 gerilim transformatörlerinin sinyalleri MK-11 kartındaki Y1/1 ve Y2/2 operasyonel amplifikatörleri ile doğrusal olarak kuvvetlendirilir. TA12 ve TA14 akımtransformatörlerinin sinyalleri ise gerilim olarak Y2/1 ve Y3/2 amplifikatörlerinin çıkışında elde edilir. Y1/2 amplifikatörü bu gerilimleri R-S gerilimi ve T akımı için, Y4/1 amplifikatörü ise S-T gerilimi ve R akımı için toplam Y4/2 amplifikatörü, ölçülen iki vektör toplamı için onların negatif toplamı olarak, üçüncü simetrik vektör toplamı üretir. Bu üç vektör toplamı D11-D16 diyotları ile doğrultulur ve Y5/1 amplifikatörü pozitif ve negatif kısımları kuvvetlendirerek toplar, böylece çıkışında mutlak değer olarak elde edilir. Reaktif güç sınırlayıcısı çalışırken Y5/2 amplifikatörü çıkışındaki LD1 LED'ini yakar.

Reaktif güç sınırlayıcısının ayarı için, xd senkron reaktans değerinin ve xh reaktansının değerinin bilindiği kabul edilir. xh reaktansı stator terminali ile sonsuz büyük şebeke barası arasındaki reaktansdır.

4.3.5 U/f SINIRLAYICISI

Bu sınırlayıcı, generatör tek başına bir sistemi beslerken çalışır. Sınırlayıcının fonksiyonu, frekanstaki azalmaya karşılık, gerilimi, azalma oranında belli bir değere düşürmektir. Buradaki amaç transformatörlerin doymasını önlemektir. Aslında bu sınırlayıcı bir akı regülatörüdür. Akı değeri UF-11 kartındaki Y1/1 operasyonel amplifikatörü tarafından üretilen $\int U.dt$ 'dir. Uygun uzun bir zamandan sonra akının ilk değeri R5 direnci ile sıfır'a ayar edilir. Y1/2 operasyonel amplifikatörü ve D1,D2 diyotları akının mutlak değerini üretirler. C2 kapasiteside akının hesaplanmış tepe değerini şekillendirir. Bu Y2 regülasyon amplifikatörünün kontrol sinyalidir. Amplifikatörün referans sinyali -15 V'tur ve bu sinyal R10 direnci üzerinden verilir. Akı değeri ayar edilen değerden büyük ise regülatör çıkışı negatif yönde artar. Dolayısıyla MM 101 kartı üzerindeki Y1/2 sınırlayıcı amplifikatörü ile pozitif sınırlama yapar. Regülatörün dinamik davranışları aşağıdaki gibi ayar edilir.

$$\text{Orantısal amplifikasyon} : A = \frac{R9}{R7}$$

$$\text{İntegrasyon zaman sabiti} : T_i = R7.C3$$

$$\text{Filtreleme zaman sabiti} : T_s = R7.C4$$

4.4 İKİNCİ KANAL

(Şekil 4.12)

Bu kanal sınırlama devresiz rotor akım regülatörünü ihtiva eder. Buradaki regülatörün yapısı birinci kanaldakinin aynısıdır. Farklılık, birinci kanalda referans sinyali DA-14 referans sinyal şekillendiriciden sağlanmaktaydı. Burada kontrol sinyali TA 25 ve TA26 ikincil akım transformatörleri ile U1-2 diyot köprüsüne verilir. Birinci ve ikinci kanaldaki U1-2 diyot köprüleri ile P1D 112 akımregülatörü kartlarının fonksiyonları benzerdir. Y2/2 seviye değiştiricisi orantısal amplifikatörü, akım regülatörü için referans sinyalini $0 \dots + I_{max}$ arasında değiştirir.

4.5 TAKİP SİSTEMİ

(Şekil 4.13)

İki kanal arasındaki değişim B-09 kartı üzerindeki R51 rölesi ile gerçekleştirilir. Röle bobine gerilim uygulandığında kontaklar durum değiştirir, gerilim uygulanmadığı müddetçe bir önceki konumunda kalır. Resimde rölenin pozisyonu birinci kanalın çalışması durumu için çizilmiştir.

Rölenin 5-6-7 no.lu kontakları tetikleme kontrol ünitesinin girişini birinci kanalın çıkışına bağlar. Kontrol odasından arttırma sinyali DA-14 referans sinyal şekillendiricisine verilir. Kontrol odasından verilen arttırma sinyali 23 R rölesini çalıştırır (Şekil 4.18). Bu röle, birinci kanaldaki DA.14 referans sinyal şekillendiricisinin arttırma girişine, kendisinin 33-34 no.lu, R51 rölesinin de 14-15 no.lu kontakları üzerinden + 15V verir. Böylece referans sinyalinin değeri arttırılır. Benzer şekilde kontrol odasından azaltma sinyali verildiğinde 24R rölesi enerjilenir. Bu rölenin 33-34 no.lu R51 rölesinin de 17-18 no.lu kontakları üzerinden DA-14 kartının azaltma girişine + 15V uygulanır. Röle, ikinci kanalın çalışması için enerjilendiğinde arttırma sinyali, kanal takip devresinin çıkışından ve R51 rölesinin 9-10 no.lu kontakları üzerinden birinci kanalın referanssinyal şekillendiricisine verilir. Azaltma sinyali ise kontrol takip devresinden 12-13 no.lu kontaklar üzerinden verilir. Bu çalışmalar ikinci kanaldan birinci kanala geçiş için simetriktir.

KK-11 kanal takip kartı, birinci ve ikinci kanalın tetikleme kontrol sinyallerini algılar ve kontrol sinyali çalışmakta olan kanalıne eşit olduğu müddetçe referans sinyal şekillendiricisine arttırma ve azaltmasinyalleri uygular. Bu sinyaller arttırma ve azaltma darbeleridir.

7 V_{rms} değerindeki senkron sinyali [42] ...
Darbeler, bir Y1/1 entegre devresi ve iki tetikleme kontrolü sinyali arasındaki farkı işleyen devreyi ihtiva eden regülatör çıkışından değiştirilebilir. Y3/2 ve Y5/1 komparatörleri bu gerilimi işaretlerine bağlı kalarak arttırma veya azaltma komutlarına dönüştürür. Y1/2 ve Y5/1 amplifikatörleri sadece sinyal değiştirici olarak çalışırlar. Koruma sistemi "c12" girişinden Lojik 0 uygulamak suretiyle takip modunu bloke eder. Bu girişten lojik 1 geldiği müddetçe takip modunun çalışması mümkün olur. Devrede Y3/1 hata dedektörü ve Y4/1 Y4/2 pencere dedektörleri mevcuttur. Pencere dedektörleri, iki kanalın çıkışı arasındaki sapma belirli bir gerilim değerini aştığında LD1 LED'ini yakar ve koruma sistemine 0 (sıfır) gerilim verirler.

4.6 TETİKLEME UNİTESİ

(Şekil 4.14)

SA1 test şalterinin pozisyonuna göre, tetikleme devresine T35 ve T36 senkronizasyon transformatörleri üzerinden senkronizasyon sinyali verilir. T35 test senkronizasyon sinyali, T36 ise çalışmaya ait senkronizasyon sinyali verir.

Tetikleme kontrol sinyali, birinci ve ikinci kanal regülatörlerinin çıkış sinyali olarak G1K-11 kartına "c14" ucundan gelir. Alan deşarj kesicisi açıldığında "c 2" ucuna bağlı röle kontağı vasıtasıyla 120° tetikleme açısına karşılık olarak bir gerilim değeri sınır değeri olarak ayar edilir. G1K -11 kartından 10°-150° arasında sınırlama sağlanır. Bu kartın "c30" terminalinden tetikleme kontrol sinyali elde edilir.

Tetikleme kontrol sinyali GY-1 kartlarının "a20" uçlarına verilir. Bu kart şebeke komütasyonlu statik güç dönüştürücüsündeki aynı fazlara bağlı tristörler için tetikleme darbelerini üretir. Bu kartın giriş sinyalleri şunlardır :

(Şekil 4.15)

+ 15 V.	a28	c28
0 V	a26	c26
- 15 V	a10	c10
Senkronizasyon sinyali	:	c2
Kontrol sinyali	:	a20
Bloke sinyali	:	c20

7 V_{rms} değerindeki senkron sinyal ("c2" ucundan giriş), Y1/1 amplifikatörlü aktif filtre şekillendirici ile filtre edilir. Filtre R2 direnci ile ayar edili ve rezonanstaki amplifikasyon değeri bire eşittir. Giriş çıkışta 180° faz kaydırılır.

Filtrenin çıkışı, Y1/2 amplifikatörlü 0-komparatörü verilir. Komparatürün çıkışında 0,115 V, 50 Hz. simetrik sinyal üretilir ve senkron sinyalin sıfır geçişlerindeki değeri değiştirir. Bir C-mos Schmitt tetikleyici ile bu sinyali daha dik yaparak ve tersini iyi bir şekilde şekillendirerek, ve her sıfır geçişinde (7 ve 9 no.lu uçlar) monoflop'un çıkışlarında Y5 çift monoflopunun dinamik girişlerinede uygulayarak, R17 ve R18 dirençleri ile 1-0 yön ayar darbeleri yapılabilir.

Monoflopun güçlendirilmesi, tam dalga doğrultusundan alınan darbeler ile ve R13 direnci ile sıfır geçiş çevresindeki ayarlama ve komparatör ile gerçekleştirilir.

Testere sinyal, her yarım periyotta 6/1 amplifikatörü ile oluşturulmuş integratör vasıtasıyla üretilir. Integrasyon kondansatörü Y4/2'den gelen sıfır geçiş darbeleri vasıtasıyla T1 FET transistörüyle kontrol edilerek deşarj olur.

Kontrol gerilimi ve testere sinyali Y6/2 komparatörü ile karşılaştırılır. 0-1 gerilim kontrol sahası ile, ttatik dönüştürücünün sınuru R34 direnci ile ayarlanabilir. Blokaj sinyali + 15 V olarak komparatörün girişine gelir (Böylece komparatörün sapma yapması önlenir.) Bir kapılama diyodu üzerinden sıfır geçiş darbeleri aynı zamanda buraya gelir. Bu darbe her yarım periyodun sonunda komparatöre geri döner. Komparatörün çıkışının değişimi (15-0V) Y7 monoflopunun çıkışından, yarım periyodun uygun anında, R29 direnci ile ayar edilebilen zamanı, tetikleme başlatır.

Monoflop darbeleri Y8/1 ve Y8/2 kapı devreleri ile ayrıştırılır. Bu ayrıştırma yarı periyotların karşılıklarına bağlı olan kare dalgalar ile beraberce kapılama ile yapılır. Bu yarı periyotlar pozitif ve negatif kollara uygun olarak seçilen "c10" ve "c30" uçlarında, bu kapıların çıkışları diğer fazlar için 60° tetikleme açısı tekrarlama darbeleri verilir. Bu kart ile üretilen darbelerden sonra, diğer fazlardan gelerek Y8/3 ve Y8/4 kapıları darbeleri işler. Çift dönüştürücü buffer devresi çıkışının yüklenebilirliğini arttırmak için "a22" ve "c22" uçlarına bağlanır.

IE-9 tipi darbe amplifikatör kartı GY-1 kartlarına bağlanır. Her fazda pozitif ve negatif kollarda bulunan dört paralel tristörler için uygun eğimli ve uzunlukta tetikleme darbeleri sağlamak IE-9 kartının fonksiyonudur.

4.7 UYARMA SİSTEMİNİ DEVREYE ALMA

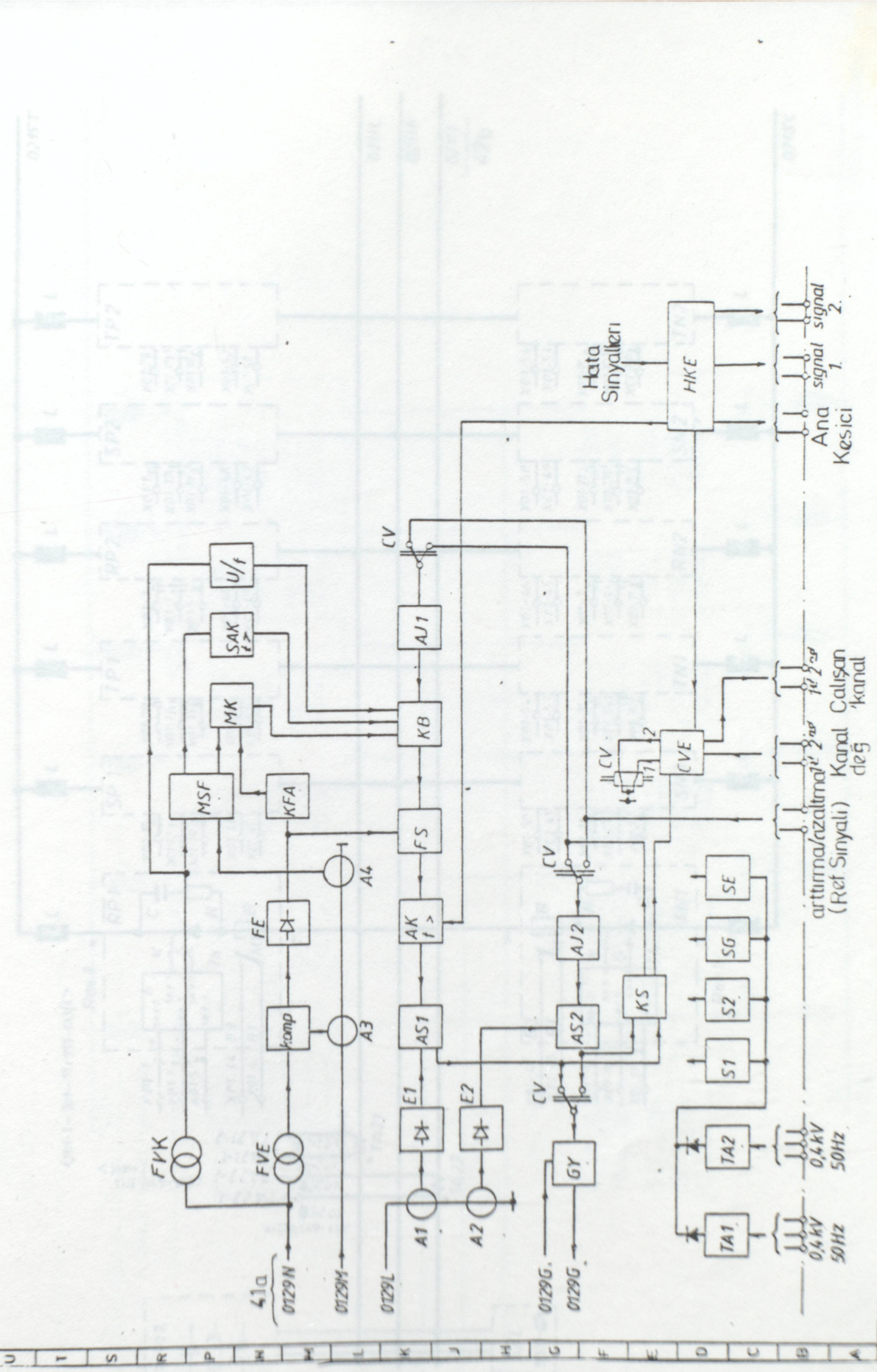
Generatöre yolverildiğinde, test anahtarı çalışma pozisyonunda ve normal durumunda olmalıdır. Kontrol odasındaki hata göstergelerinden hata sinyali gelmemelidir. Regülatör 380 V'luk şebekelerden beslenir. Generatör nominal hızına ulaştıktan sonra uyarma şalteri kapatılarak uyarma sistemi devreye alınır. Devreye alma işlemi Şekil 4.11'de gösterilen zamanlama devresi ile kontrol edilir. Uyarma şalterinin kapatılmasından sonra, bu şalterle birlikte çalışan 10R rölesi zamanlama devresini çalıştırır. Bu devre IK-21 kartı üzerindedir. Y1/1 integratörünü ve bundan sonra bağlanmış bir konparatörü ihtiva eder. Zamanlama diyagramı şeklin altında gösterilmiştir.

Verilen çözümlerde iki zamanlama kullanılır. Uyarma şalterinin kapanmasından 3s. sonra "c18" ucunda pozitif gerilim elde edilir. Buradaki gerilim negatif olarak ve çalışma boyunca böyle kalacaktır. Bu gerilim P1D 111 gerilim regülatör kartına ve P1D 113 reaktif güç sınırlayıcısına verilir. Bu gerilim bu kartlardaki FET transistörleri iletime sokarak bu amplifikatörlerin kaç devre olmasını temin eder. Pozitif bir gerilim FET'leri iletime sokar ve regülatörler çıkışlarını girişlerine bağlar. P1D 111 gerilim regülatörüne sıfır akım referans sinyali, P1D 113 reaktif güç sınırlayıcısına da - % 10 gerilim referans sinyali gelmesini temin ederler. Negatif gerilim etkisiyle FET'ler kesime giderler ve gerilim regülatörü integratörü akım referans sinyalini arttırarak çalışma noktasına kadar çıkar. Reaktif güç sınırlayıcısı da devreye girer. Böylece, bu FET'ler, regülasyon çevriminin düzenli olmasını ve regülasyonun başlamasını temin ederler. Akım regülatörlerinde kısa devre FET'lerine gerek yoktur.

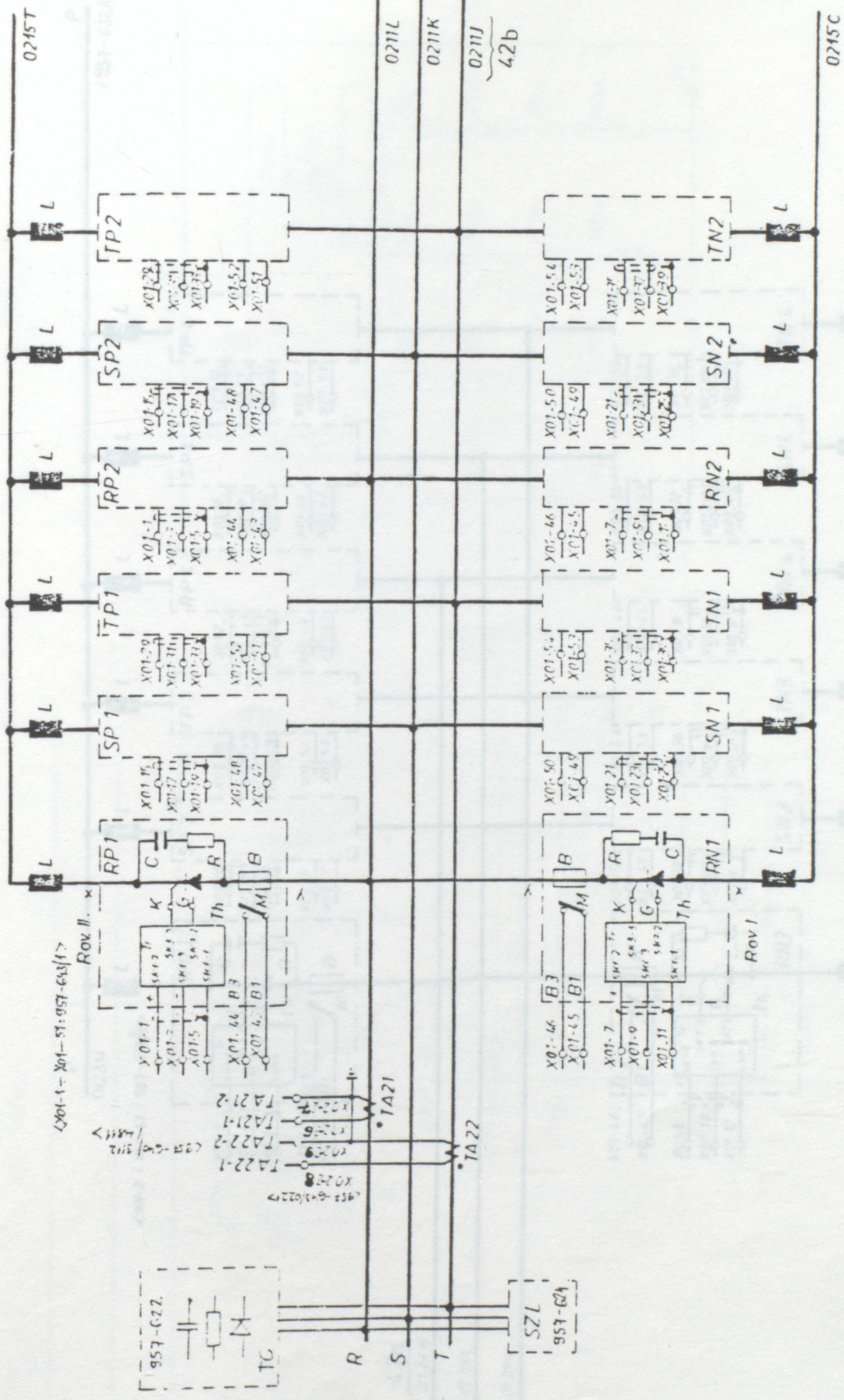
4.8 UYARMA SİSTEMİNİN DEVREDEN ÇIKARTILMASI

Devreden çıkarma, uyarma kesme şalterinin birinci veya ikinci açtırma bobinine verilecek bir impuls ile gerçekleştirilir (Şekil 4.5). Bu bobinlere paralel bağlı 40R rölesi 26R rölesini çalıştırarak, tetikleme devresine 120° tetikleme açısına karşılık bir sınırlama uygular. Bu sınırlama GK-11 kartının "c 2" ucuna 0V uygulamak suretiyle gerçekleştirilir.

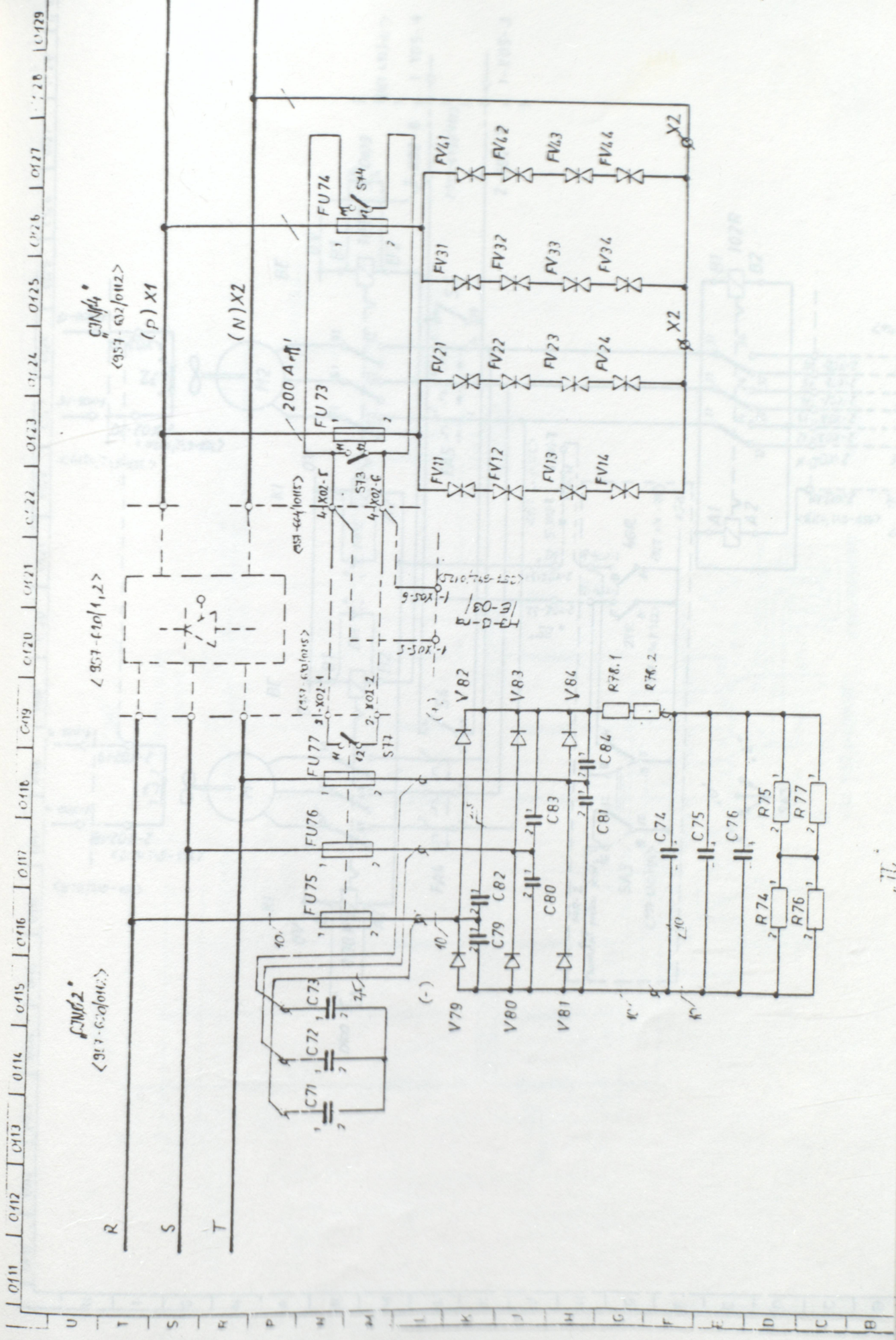
0211 0212 0213 0214 0215 0216 0217 0218 0219 0220 0221 0222 0223 0224 0225 0226 0227 0228 0229



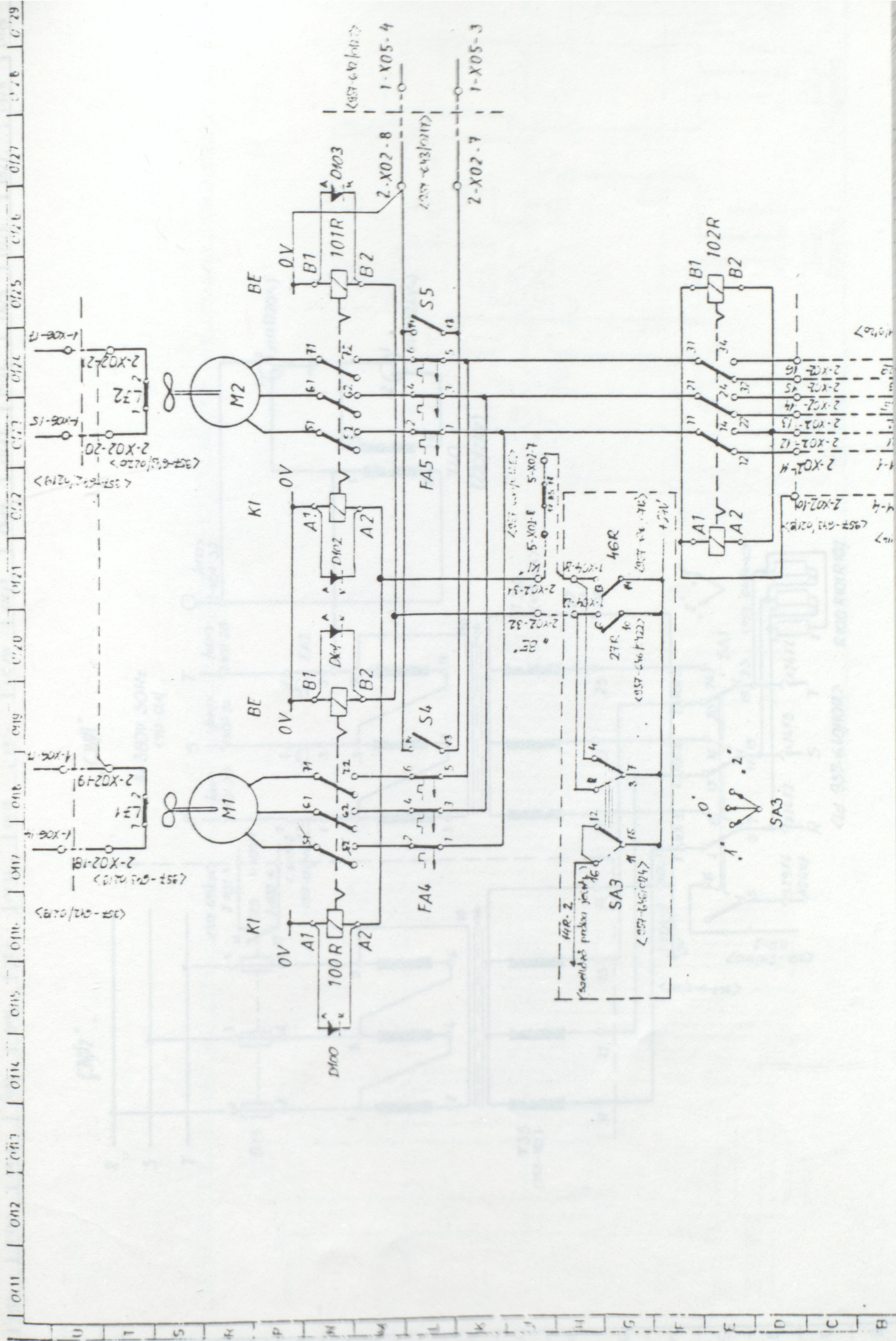
Sekil 4.1.b Uyarma sistemi Prensipl bağlantı Şeması



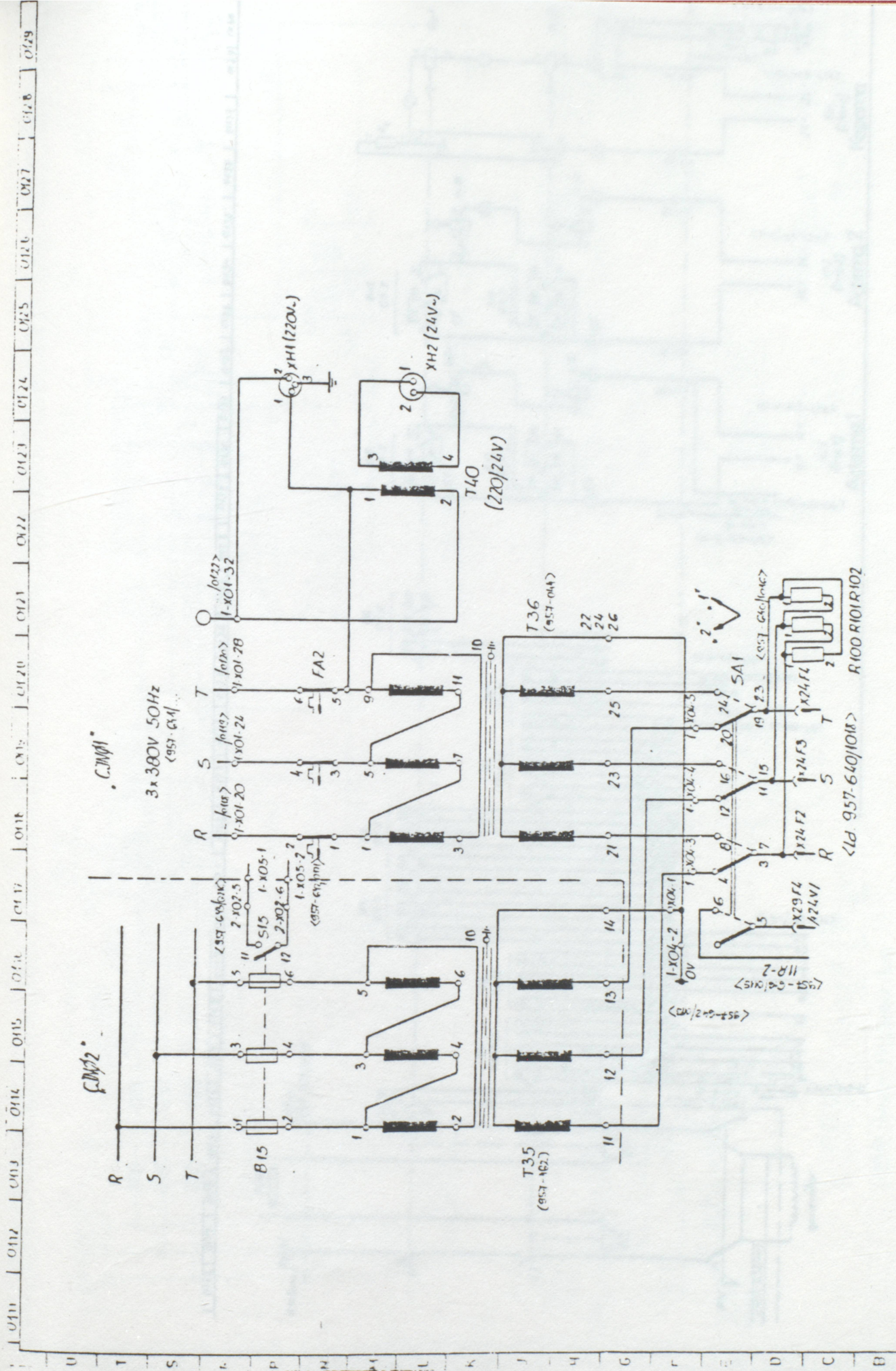
Sekil 1.4.2 a Tristör Ünitesi



Sekil 4.2.c Aşırı Gerilim Koruma Niteleri

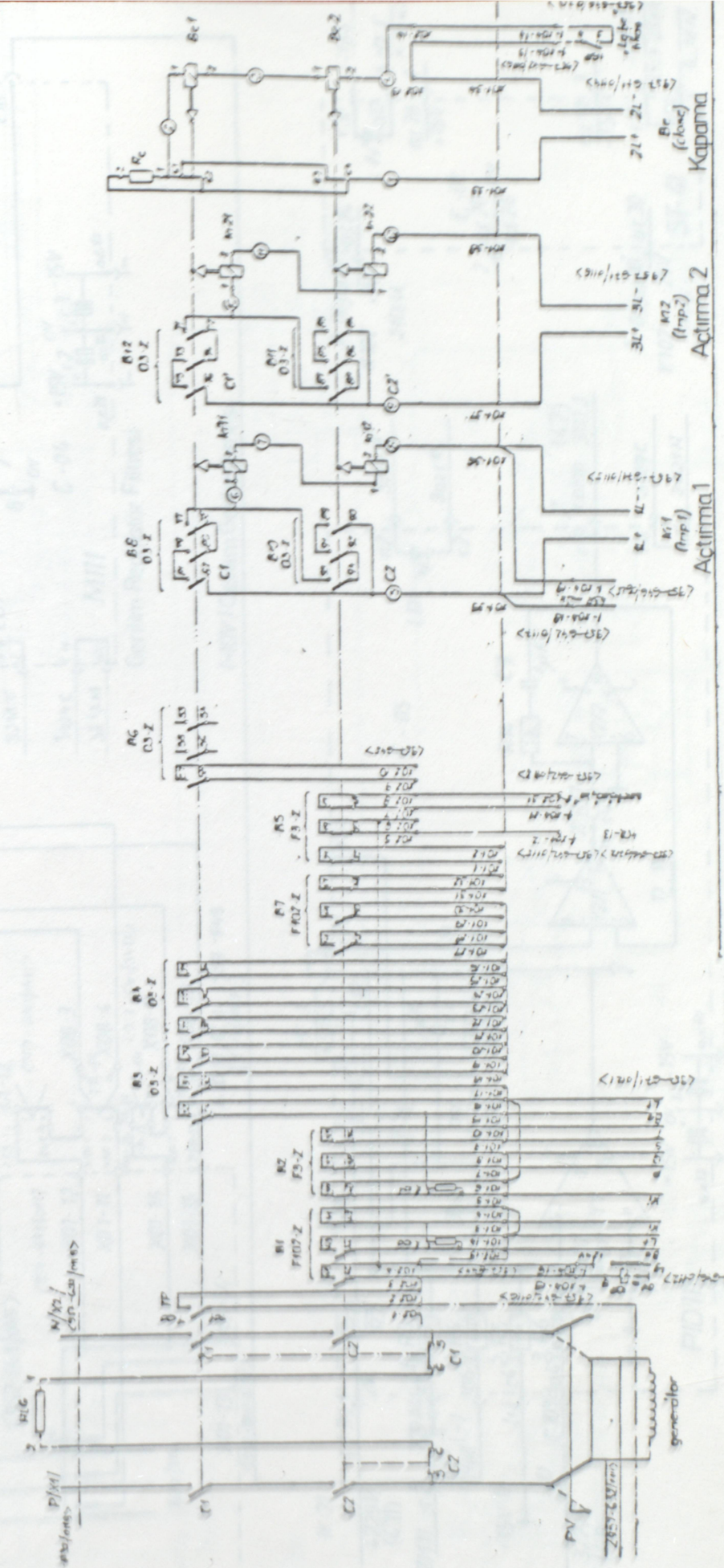


Sekil 4.3 Soğutma Fanları Bağlantı Seması

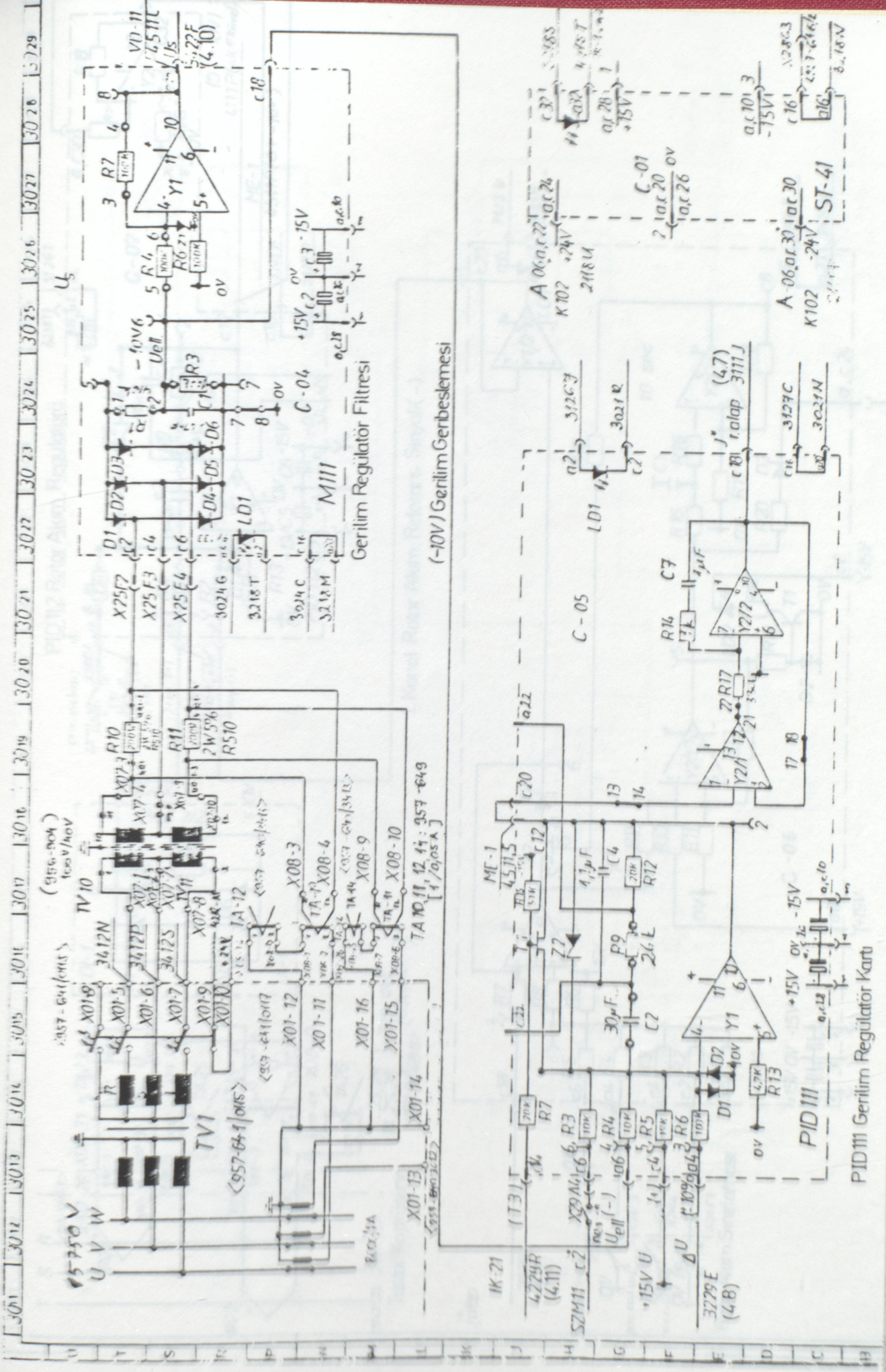


Şekil 4.4. Tetikleme ünitesi Senkronlama Devresi

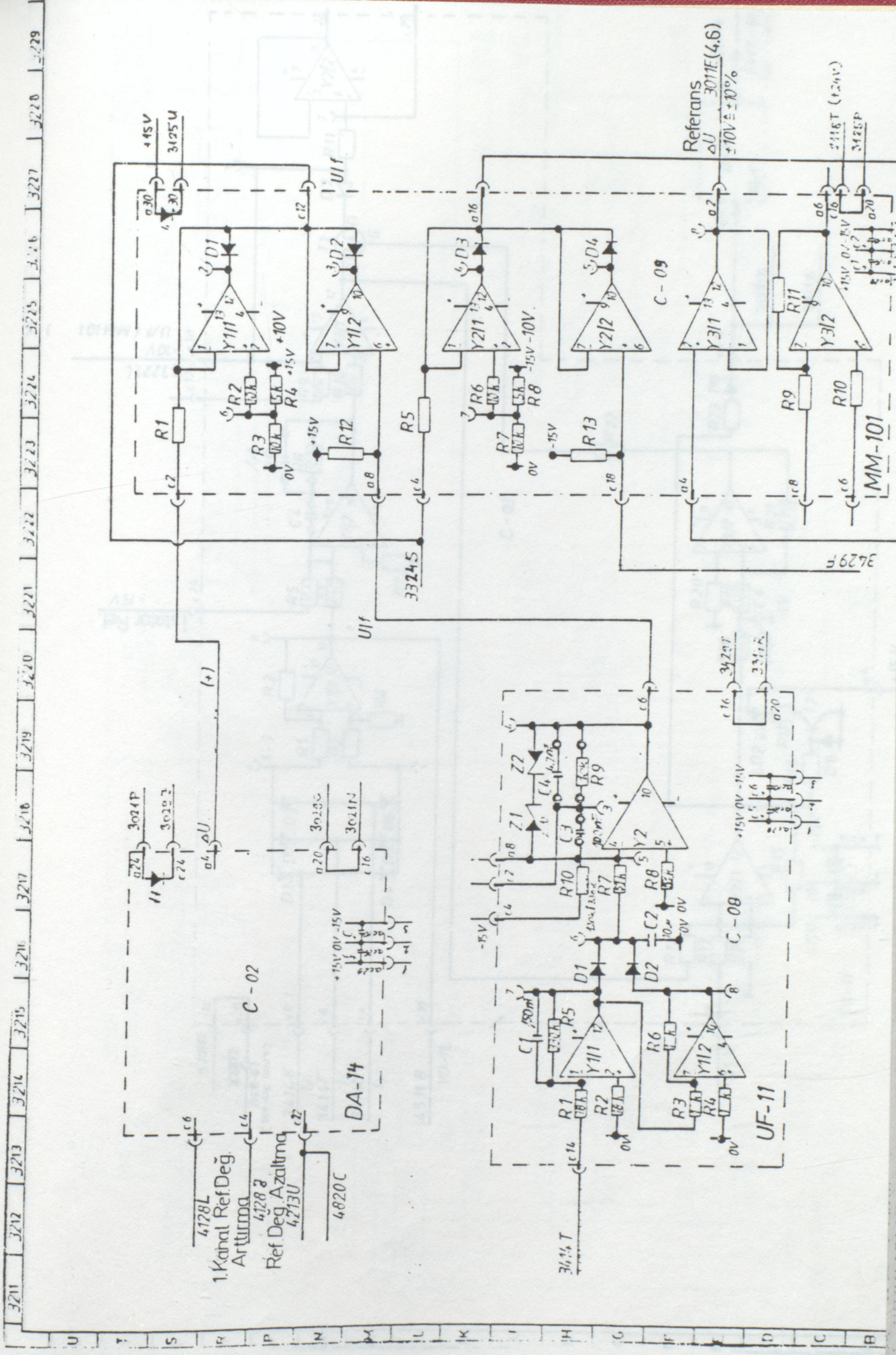
0123 0124 0125 0126 0127 0128 0129 0130 0131 0132 0133 0134 0135 0136 0137 0138 0139 0140



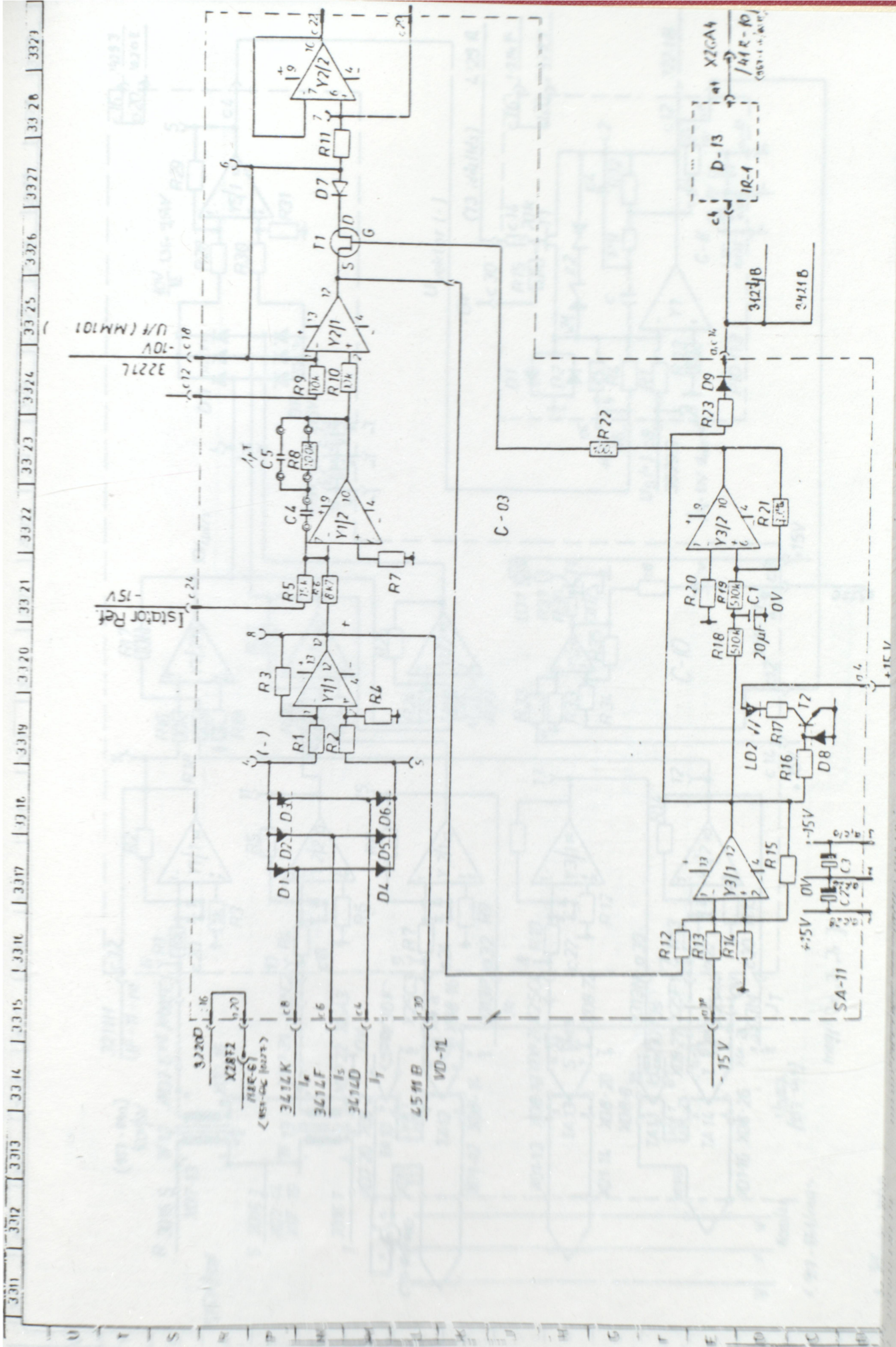
Sekil 4,5 Uyarma Kesicisi Bağlantı Şeması



Şekil 4.6 Birinci kanal Gerilim Regülatörü

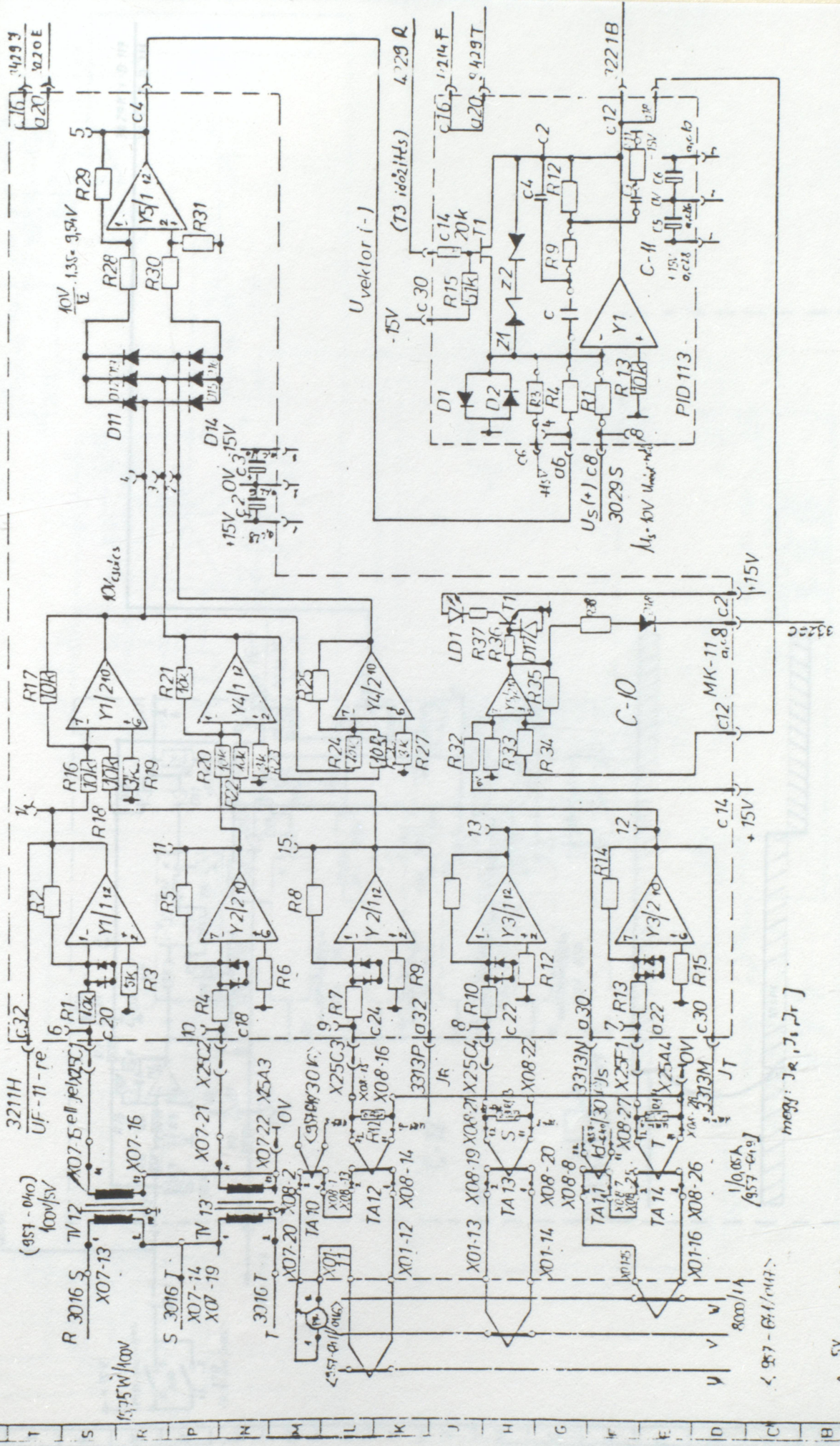


Sekil 4.8 U/f Sınırlayıcı Devre Seması



Sekil 4.9 Stator akim simplayeisi

Şekil 4.10 Reaktif Güç sınırlayıcısı

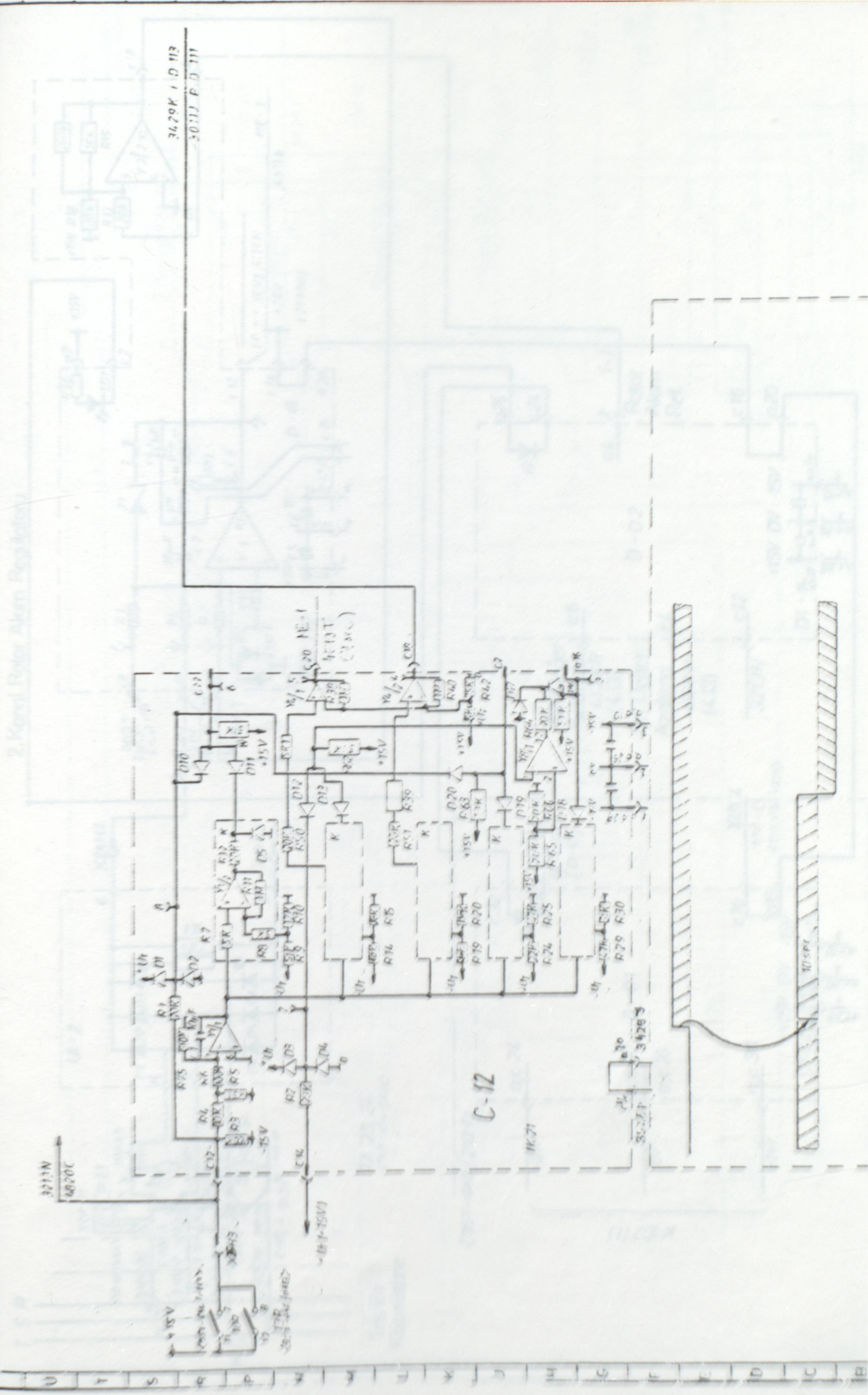


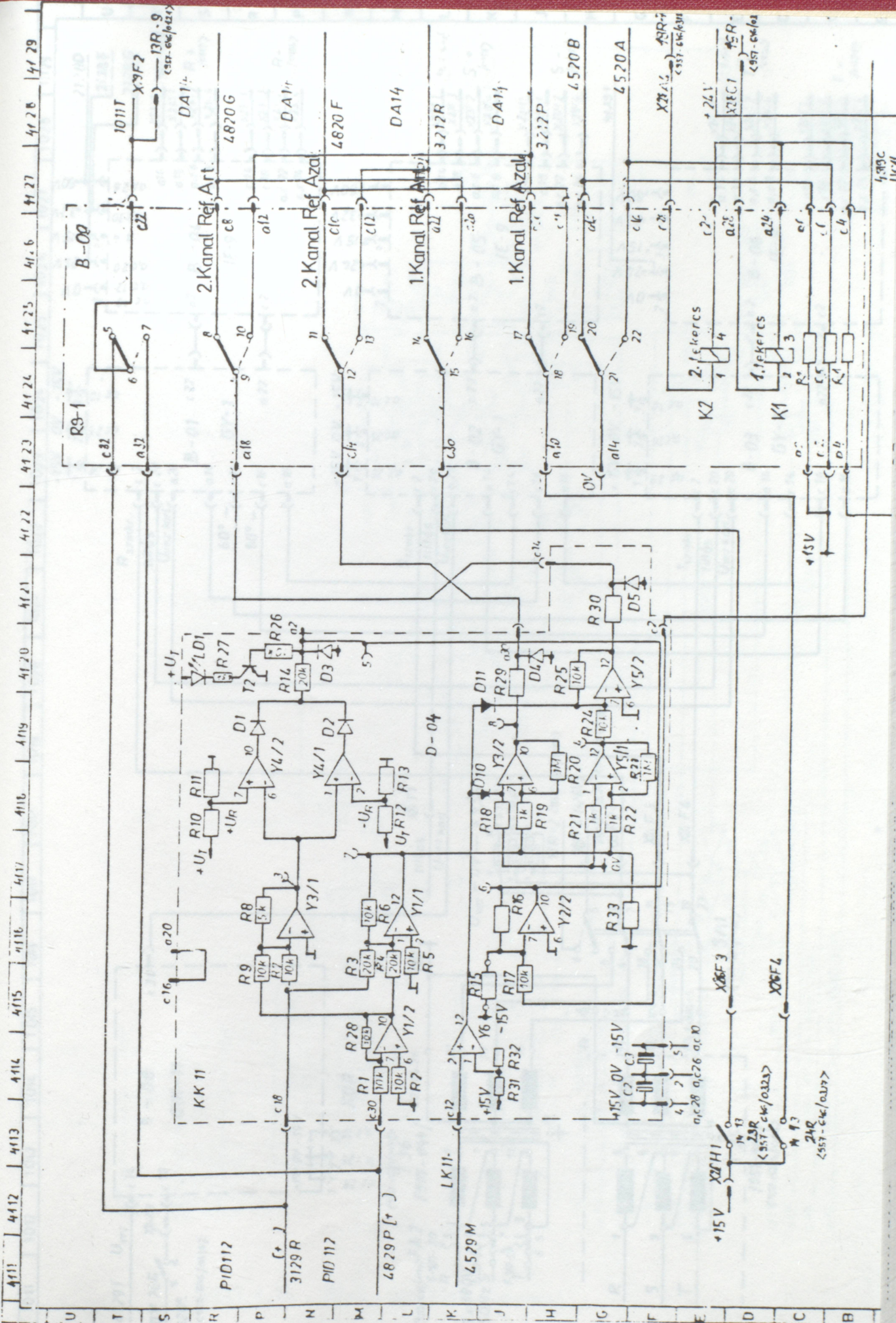
megaj: J_r, J_s, J_r

1/0,05A / 957-609

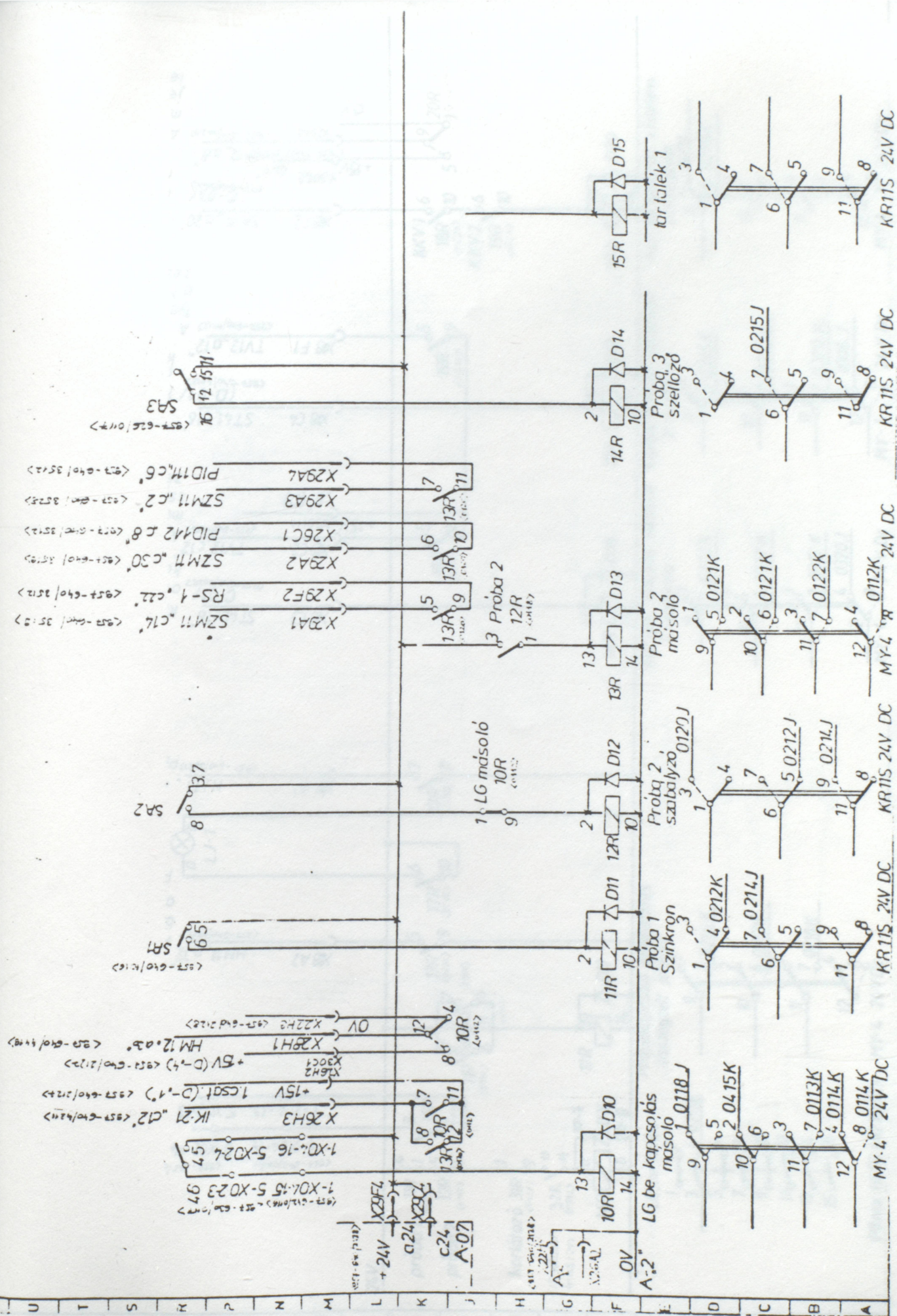
800/14

6.7.11 | 6.7.12 | 6.7.13 | 6.7.14 | 6.7.15 | 6.7.16 | 6.7.17 | 6.7.18 | 6.7.19 | 6.7.20 | 6.7.21 | 6.7.22 | 6.7.23 | 6.7.24 | 6.7.25 | 6.7.26 | 6.7.27 | 6.7.28 | 6.7.29

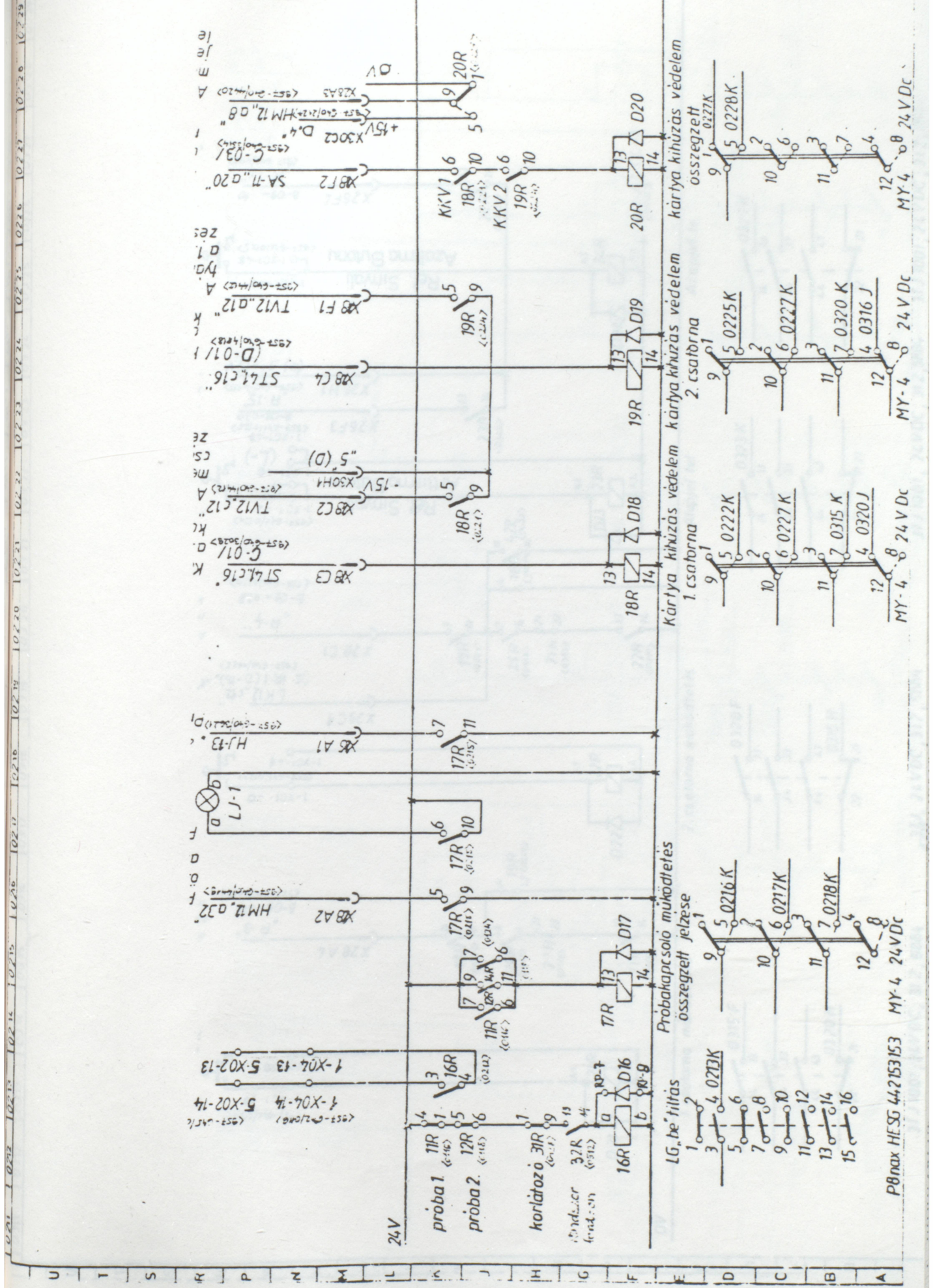




Sekil 4.13 Takip Sistemi

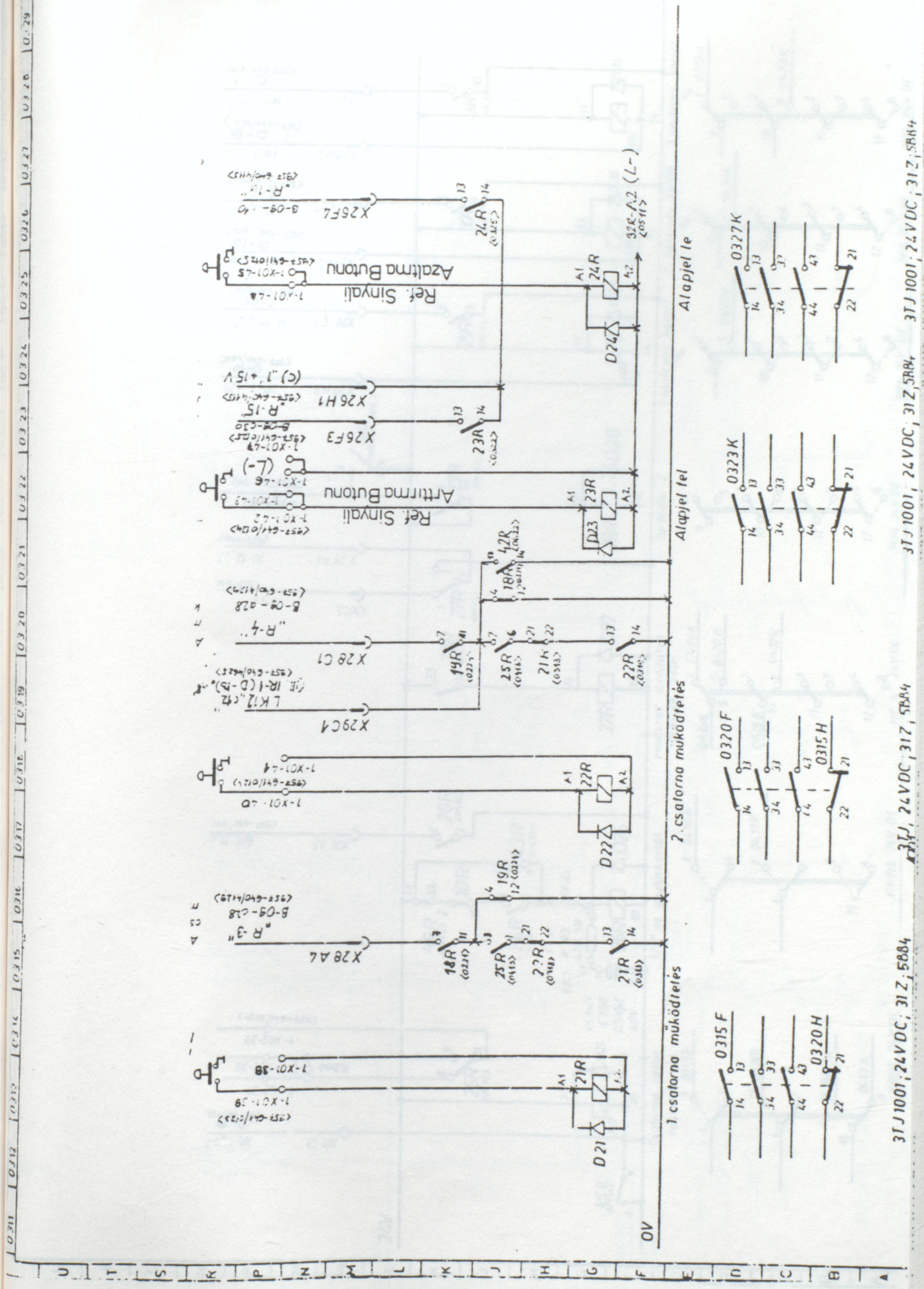


Sekil 4.16 Röle devreleri



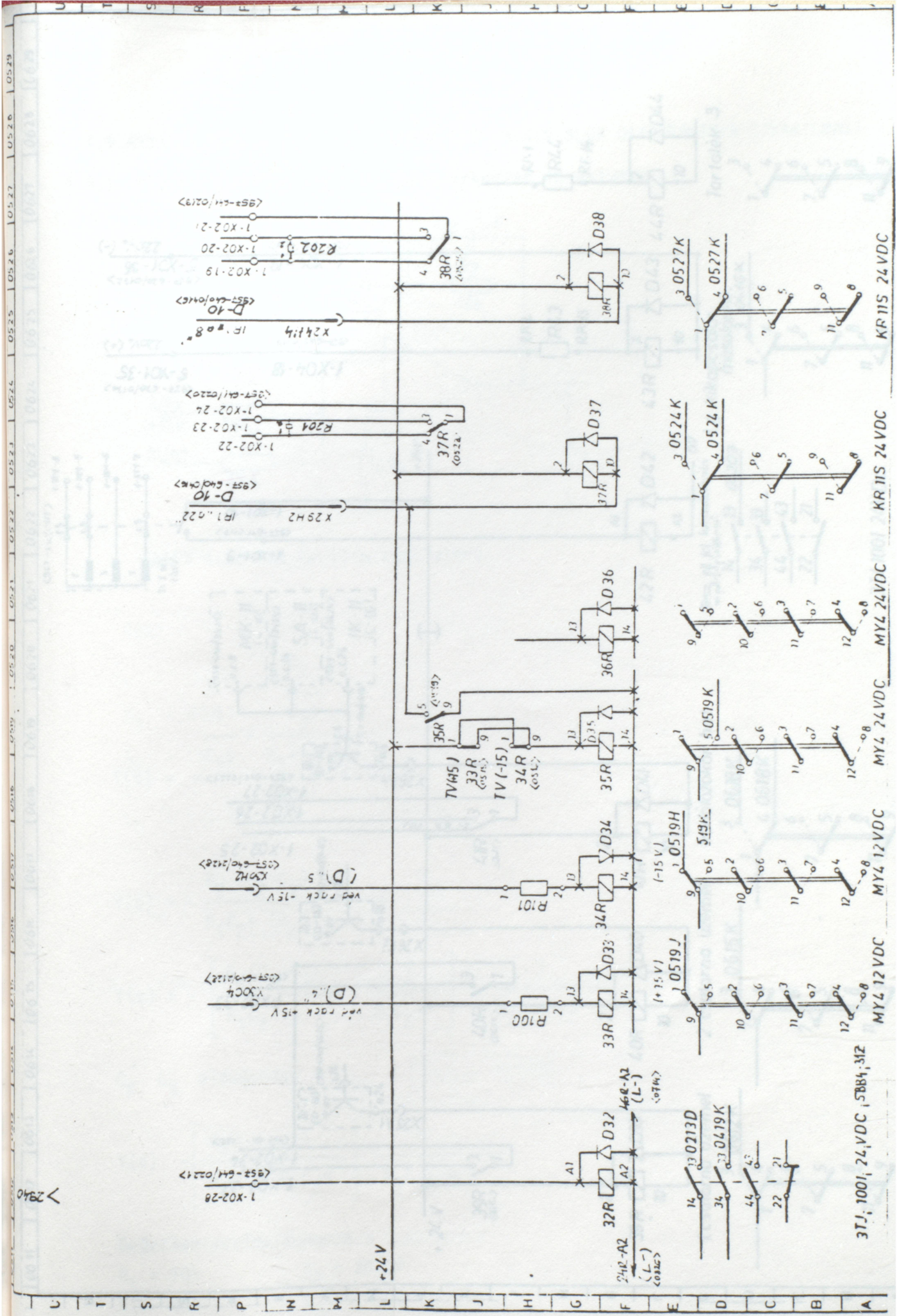
Sekil 4.17 Röle devreleri

P8max HESG 442153153 MY-4 24VDC

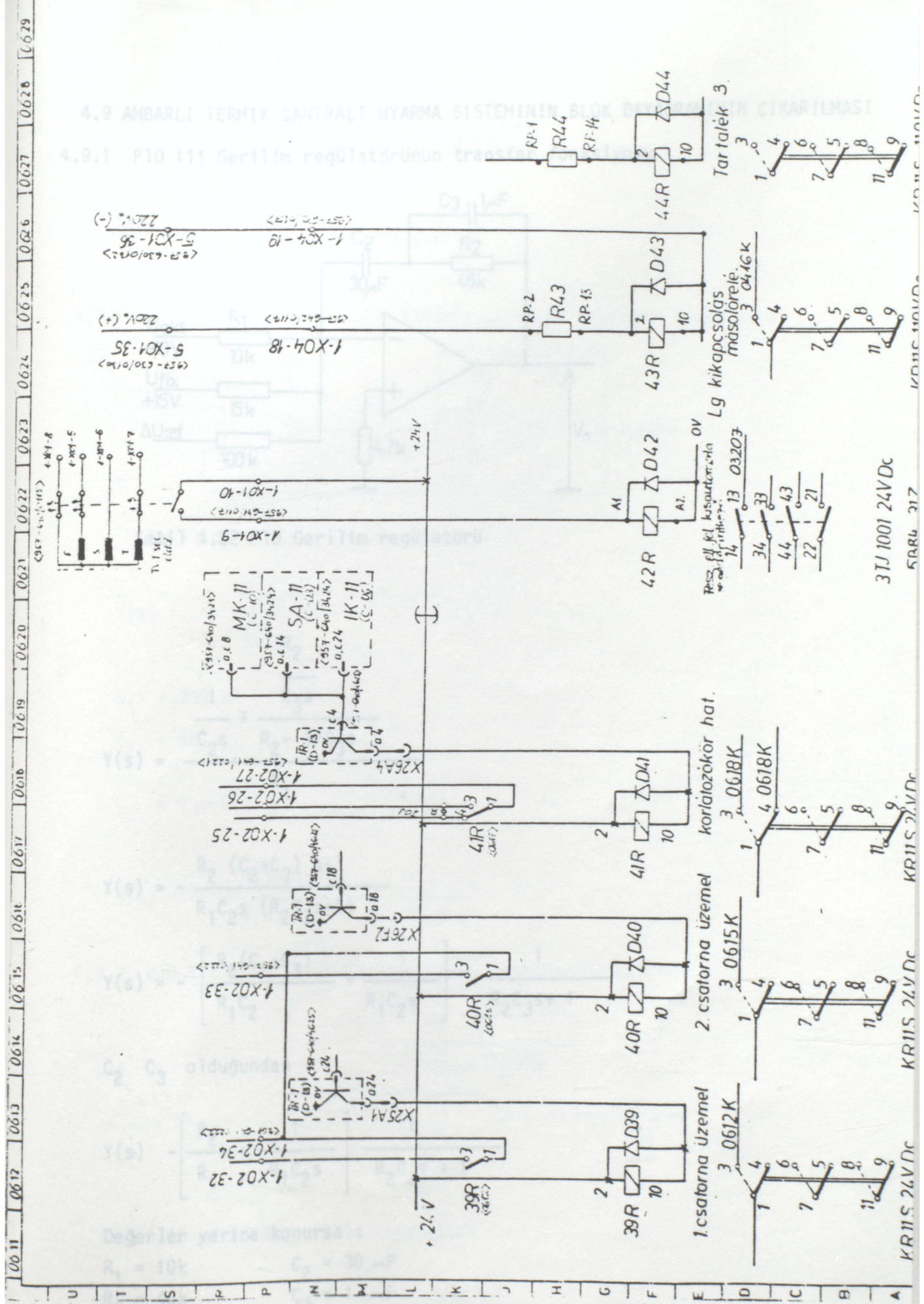


Sekül 4.18 Röle devreleri

31J1001; 24VDC; 31Z; 58B4
 31J1001; 24VDC; 31Z; 58B4
 31J1001; 24VDC; 31Z; 58B4



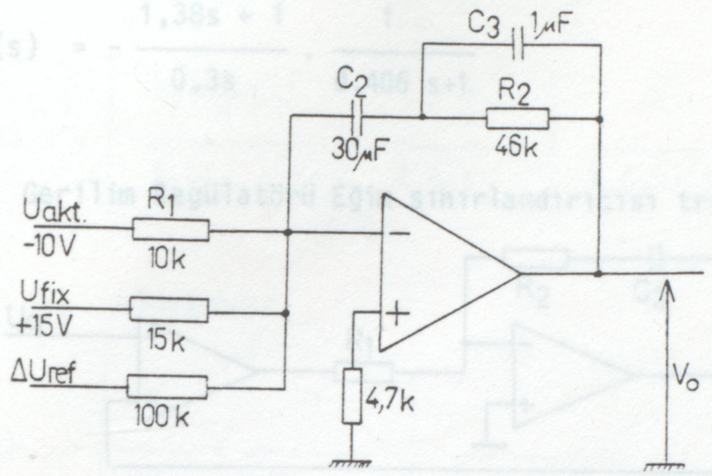
Şekil 4.20 Röle devreleri



Sekil 4.21 Röle devreleri

4.9 AMBARLI TERMİK SANTRALİ UYARMA SİSTEMİNİN BLOK DİYAGRAMININ ÇIKARILMASI

4.9.1 PID Gerilim regülâtörünün transfer fonksiyonu :



Sekil 4.22 PID Gerilim regülâtörü

$$Y(s) = \frac{\frac{R_2}{C_2 s} + \frac{R_2}{R_2 + 1/C_3 s}}{R_1}$$

$$Y(s) = - \frac{R_2 (C_2 + C_3) s + 1}{R_1 C_2 s (R_2 C_3 s + 1)}$$

$$Y(s) = - \left[\frac{R_2 (C_2 + C_3)}{R_1 C_2} + \frac{1}{R_1 C_2 s} \right] \frac{1}{R_2 C_3 s + 1}$$

C_2 C_3 olduğundan

$$Y(s) = - \left[\frac{R_2}{R_1} + \frac{1}{R_1 C_2 s} \right] \frac{1}{R_2 C_3 s + 1}$$

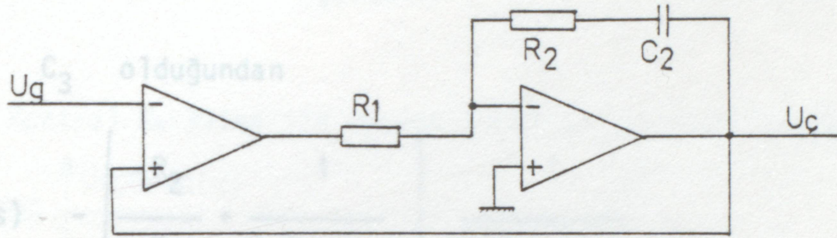
Değerler yerine konursa :

$$\begin{aligned} R_1 &= 10k & C_2 &= 30 \mu F \\ R_2 &= 46k & C_3 &= 1 \mu F \end{aligned}$$

$$Y(s) = - \left[4,6 + \frac{1}{0,3s} \right] \frac{1}{0,046s+1}$$

$$Y(s) = - \frac{1,38s + 1}{0,3s} \cdot \frac{1}{0,406 s+1}$$

4.9.2 Gerilim Regülatörü Eğim sınırlandırıcısı transfer fonksiyonu



Şekil 4.23 Eğim sınırlandırıcısı

$$Y(s) = - \frac{R_2 C_2 s + 1}{R_1 C_2 s}$$

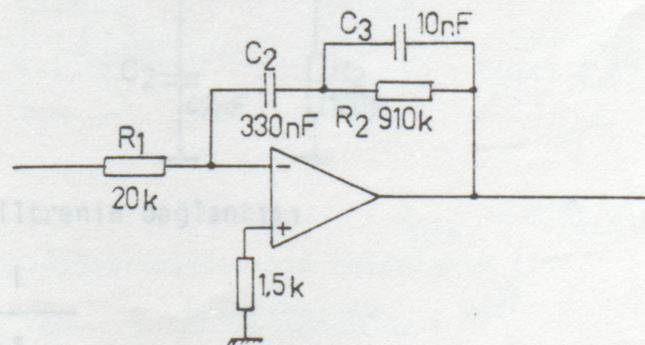
$$R_1 = 330 \text{ k}$$

$$R_2 = 1 \text{ k}$$

$$C_2 = 1 \mu\text{F}$$

$$Y(s) = - \frac{0,001s+1}{0,33s} \approx \frac{-1}{0,33 s}$$

4.9.3 PID 112 Rotor akım Regülatörünün transfer fonksiyonu



Şekil 4.24 Rotor akım regülatörü

$$Y(s) = - \frac{R_2 (C_2 + C_3)s + 1}{R_1 C_2 s (R_2 C_3 s + 1)}$$

$$Y(s) = - \left[\frac{R_2 (C_2 + C_3)}{R_1 C_2} + \frac{1}{R_1 C_2 s} \right] \frac{1}{R_2 C_3 s + 1}$$

C_2 C_3 olduğundan

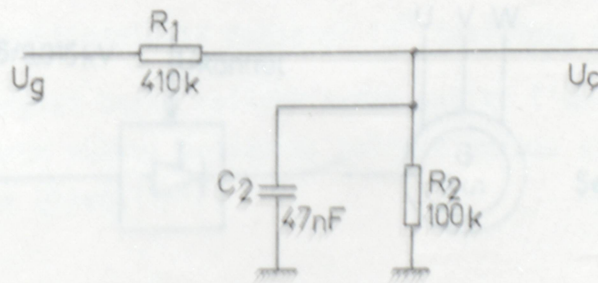
$$Y(s) = - \left[\frac{R_2}{R_1} + \frac{1}{R_1 C_2 s} \right] \frac{1}{R_2 C_3 s + 1}$$

$$R_1 = 20 \text{ k} \quad C_2 = 330 \text{ nF}$$

$$R_2 = 910 \text{ k} \quad C_3 = 10 \text{ nF}$$

$$Y(s) = - \frac{0,3s + 1}{0,0066 s} \cdot \frac{1}{0,0091s + 1} = - \left[45,4 + \frac{1}{0,0066s} \right] \frac{1}{0,0091s + 1}$$

4.9.4 Gerilim regülatör filtresi transfer fonksiyonu



Sekil 4.25 Filtrenin bağlantısı

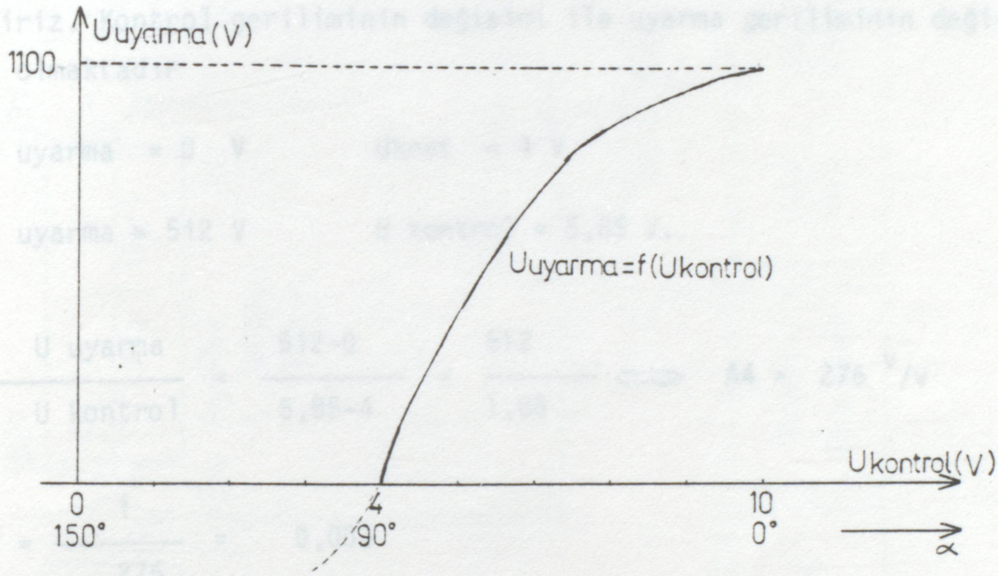
$$Y(s) = \frac{R_2 + \frac{1}{C_2 s}}{R_1 + R_2 + \frac{1}{C_2 s}}$$

Nominal uyarıda kontrol gerilimi ne kadardır ?

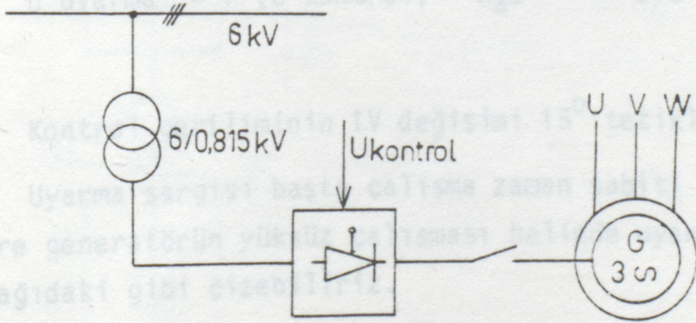
$$Y(s) = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot \frac{1}{\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} C_2 s + 1}$$

$$Y(s) = \frac{100}{510} \cdot \frac{1}{0,0038 s + 1}$$

4.9.5 Kontrol Gerilimi ile uyarma gerilimi arasındaki bağıntı



Şekil 4.26 Kontrol gerilimi ile uyarma geriliminin değişimi



Şekil 4.27 Uyarma sistemi basit prensip şeması

Tristör köprüsü max çıkış gerilimi $U_{max} = 1,35 \cdot 815 = 1100 \text{ V}$.

Uyarma gerilimi aşağıdaki bağıntıyla hesaplanır :

$$U_{uyarma} = U_{max} \cdot \sin \left[\frac{U_{kontrol} - 4V}{6V} \cdot 90^\circ \right]$$

Nominal uyarıda kontrol gerilimi ne kadardır ?

Rotor sargı direnci $0,4 \Omega$ ve nominal uyarma akımı 1280 A olduğuna göre nominal uyarma gerilimi :

$$U_{uy.n} = R_f \cdot I_{fdn} = 0,4 \cdot 1280 = 512 \text{ V}$$

$$\frac{512}{1100} = \sin \frac{U_{kont.n-4}}{6} \cdot 90^\circ \quad U_{kont.n} = 5,85 \text{ V. olur .}$$

Buradan, kontrol gerilimi ile uyarma gerilimi arasındaki bağıntıyı hesaplayabiliriz. Kontrol geriliminin değişimi ile uyarma geriliminin değişim hızı ne kadar olmaktadır

$$U_{uyarma} = 0 \text{ V} \quad U_{kont} = 4 \text{ V}$$

$$U_{uyarma} = 512 \text{ V} \quad U_{kontrol} = 5,85 \text{ V.}$$

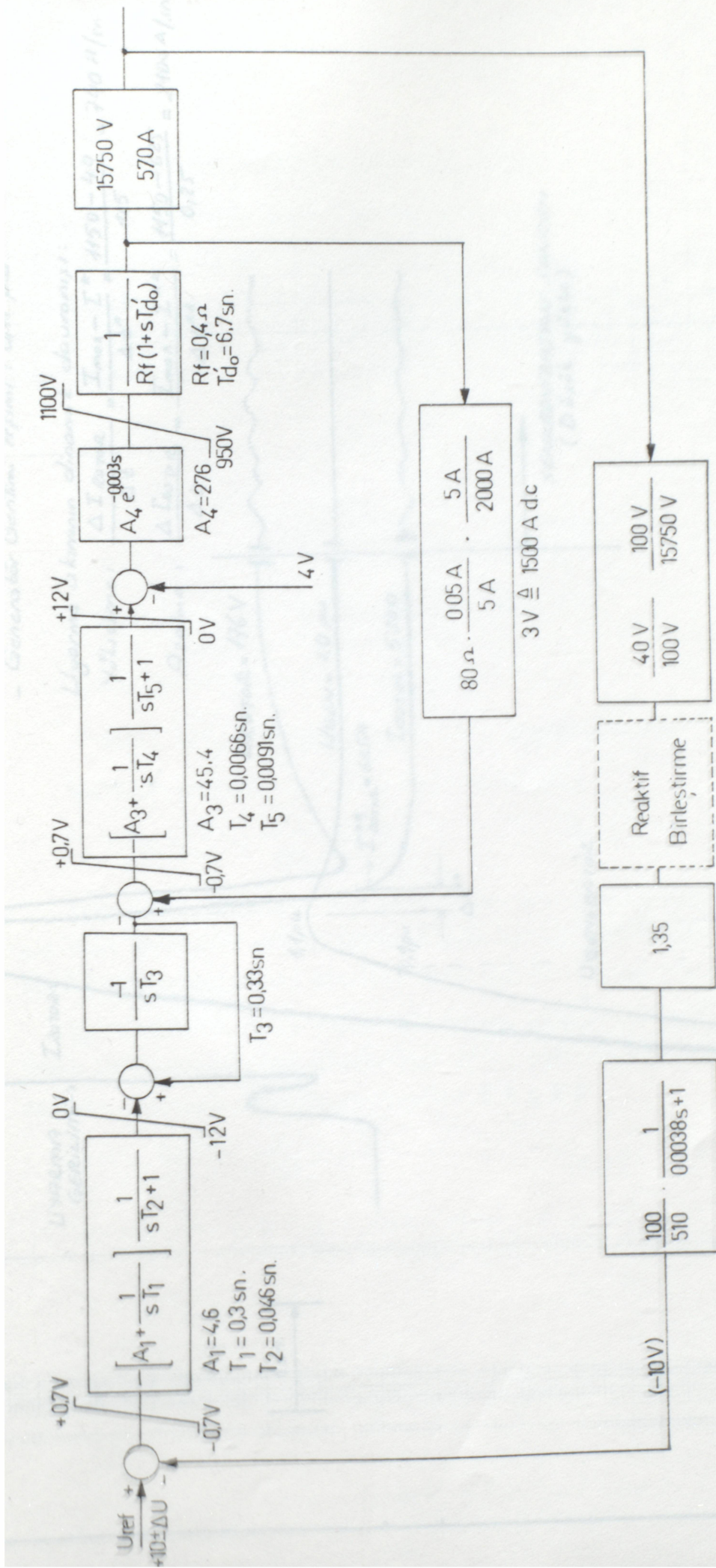
$$\frac{U_{uyarma}}{U_{kontrol}} = \frac{512-0}{5,85-4} = \frac{512}{1,85} \Rightarrow A_4 = 276 \text{ V/V}$$

$$T = \frac{1}{276} = 0,003$$

$$U_{uyarma} = f(U_{kontrol}) = A_4 e^{-Ts} = 276 e^{-0,003s}$$

Kontrol geriliminin 1V değişimi 15° tetikleme açısına karşılıktır.

Uyarma sargısı başta çalışma zaman sabiti $T'do = 6,7$ saniye olduğuna göre generatörün yüksüz çalışması halinde uyarma sisteminin blok diyagramını aşağıdaki gibi çizebiliriz.



Şekil 4.28 Yüksüz çalışmada generatör uyarma sistemi blok diyagramı

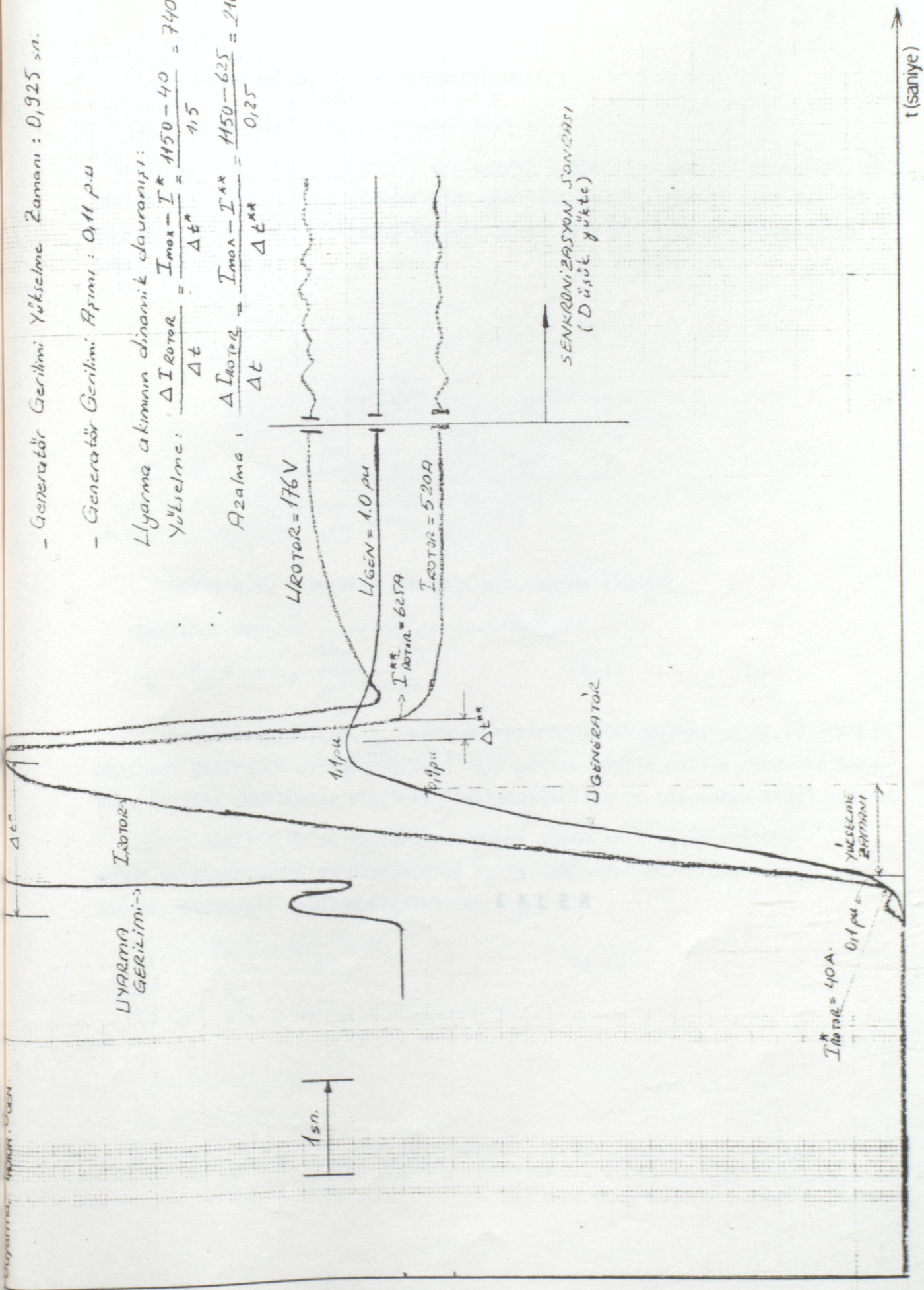
- Generatör Gerilimi Yükselme Zamanı : 0,925 sn.

- Generatör Gerilimi Açımı : 0,11 pu

Liyama akımının dinamik davranışı:

$$\text{Yükselme: } \frac{\Delta I_{\text{ROTOR}}}{\Delta t} = \frac{I_{\text{max}} - I^*}{\Delta t} = \frac{1150 - 40}{1,5} = 740 \text{ A/sn}$$

$$\text{Azalma: } \frac{\Delta I_{\text{ROTOR}}}{\Delta t} = \frac{I_{\text{max}} - I^*}{\Delta t} = \frac{1150 - 625}{0,25} = 2100 \text{ A/sn}$$

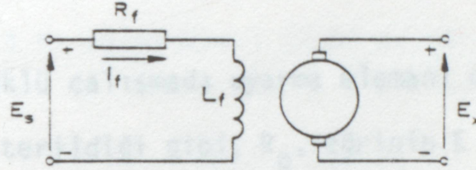


t (saniye)

DOĞRU AKIM MAKİNALARININ MATEMATİK MODELİ

- Serbest Uyarmalı doğru akım makinası :

Şekil A.1'de yabancı uyarmalı d.c uyarma elemanının şematik diyagramı gösterilmiştir. E_s , uyarma elemanı olan gerilimdir. R_f , harici alan devresi direnci ile beraber alan sargılarının direncidir. E_x , uyarma elemanının çıkış gerilimidir.



Şekil A.1. Serbest uyarmalı d.c uyarma elemanı

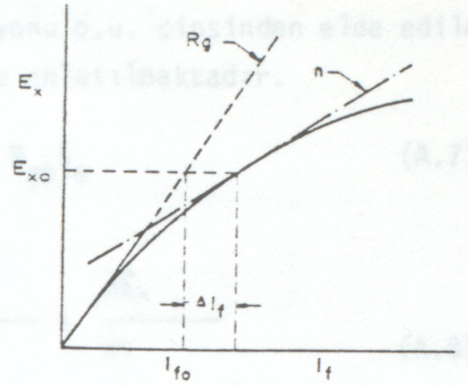
Şekil A.1'den

$$E_s = R_f I_f + L_f \frac{dI_f}{dt} \quad (A.1)$$

Yukarıdaki eşitlikte, L_f , alan devresinin endüktansını gösterir. Tahrik makinası generatör miline bağlanır veya ayrıca tahrik edilir. Bununla beraber, hızdaki değişimin etkileri ihmal edilebilir ve hız sabit kabul edilir.

E_x , Şekil A.2.'de gösterilen uyarma elemanının yüklü çalışma doyma karakteristiğinde olduğu gibi I_f 'in nonlineer bir fonksiyonudur ve bağıntı aşağıdaki şekilde yazılabilir.

$$I_f = \frac{E_x}{R_g} + \Delta I_f \quad (A.2)$$



Şekil A.2. Yüklü çalışmada uyarma elemanı doyma eğrisi.

Şekil A.2.'de gösterildiği gibi, R_g , eğrinin $E = 0$ 'daki eğimidir. I_f , doymadan dolayı oluşan ek akımı gösterir ve doyma fonksiyonu S_e ile aralarında aşağıdaki bağıntı vardır.

$$\Delta I_f = S_e E_x \quad (A.3)$$

(A.3) eşitliğini (A.2)'de yerine yazarsak :

$$I_f = \frac{E_x}{R_g} + S_e E_x \quad (A.4)$$

Yukarıdaki eşitlikleri p.u cinsinden elde edebilmek için aşağıdaki büyüklükleri bulalım.

Uyarma elemanı baz gerilimi = E_{xb} = hava aralığında nominal açık devre generatör gerilimini veren uyarma elemanı gerilimidir.

$$\text{Uyarma elemanı baz direnci} = R_{gb} = R_g$$

$$\text{Uyarma elemanı baz akımı} = I_{fb} = E_{xb} / R_{gb}$$

Böylece A.4. eşitliği p.u cinsinden

$$\bar{I}_f = \bar{E}_x + R_{gb} S_E \bar{E}_x \quad (A.5)$$

ve (A.1) eşitliği

$$\bar{E}_s = \bar{I}_f \frac{R_f}{R_{gb}} + \frac{L_f}{R_{gb}} \cdot \frac{d\bar{I}_f}{dt} \quad (A.6)$$

Şekil A.3 : Yabancı uyarmalı d.c uyarma elemanı

E_{xb} , E_s 'in bazı alınmaktadır.

S_e , doyma fonksiyonu p.u. cinsinden elde edilebilir ve p.u cinsinden S_e fonksiyonu Ek-C'de anlatılmaktadır.

$$S_E = \frac{\Delta \bar{I}_f}{E_x} = R_{gb} S_e \quad (A.7)$$

$$\frac{d\bar{I}_f}{dt} = \frac{d\bar{I}_f}{d\bar{E}_x} = \frac{d\bar{E}_x}{dt} \quad (A.8)$$

(A.5), (A.7) ve (A.8) eşitlikleri (A.6) da yerlerine yazılırsa ;

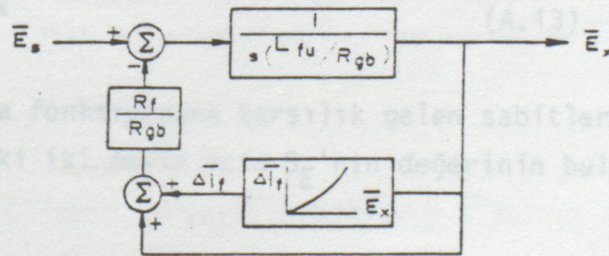
$$\bar{E}_s = \left[\frac{R_f}{R_{gb}} \right] \left[\bar{E}_x + S_E \bar{E}_x \right] + \left[\frac{L_f}{R_{gb}} \right] \left[\frac{d\bar{I}_f}{dE_x} \right] \left[\frac{d\bar{E}_x}{dt} \right] \quad (A.9)$$

$$L_{fu} = L_f \left[\frac{d\bar{I}_f}{dE_x} \right] \Big|_{E_x=E_{x0}} \quad (A.10)$$

Çalışma noktasında, E_{x0} , E_x 'e eşittir. Böylece ;

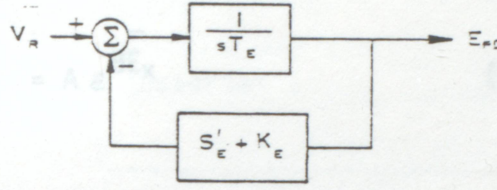
$$\bar{E}_s = \left[\frac{R_f}{R_{gb}} \right] \left[\bar{E}_x + S_E \bar{E}_x \right] + \frac{L_{fu}}{R_{gb}} \frac{d\bar{E}_x}{dt} \quad (A.11)$$

Blok diyagram gösterilişi



Şekil A.3 : Yabancı uyarmalı d.c uyarma elemanı

Bu, DC1 ve DC2 tipi uyarma elemanlarında kullanılmak üzere aşağıdaki forma indirgenebilir.



Efektif Zaman Sabiti

Şekil A.4 : D.C. uyarma elemanı blok diyagramı

$$K_E = R_f / R_{gb} \quad (A.16)$$

$$T_E = L_{fu} / R_{gb}$$

$$S'_E = R_f S_E / R_{gb} \quad (A.12)$$

$$V_R = \bar{E}_s$$

$$E_{fd} = \bar{E}_x$$

R_f ' in ayarı geri besleme hattında bulunan doyma fonksiyonu S_E ' yi etkiler. R_f/R_{gb} oranı 1'e yakın değilse, S_E ' terimi uygun modellerde S_E yerine kullanılır. İleri besleme hattındaki T_E sabiti R_f 'teki değişimlerden etkilenmez.

Doyma fonksiyonunun mümkün olabilecek bir fonksiyonel formu ;

$$S_E = A \epsilon^{B E_x} \quad (A.13)$$

A ve B doyma fonksiyonuna karşılık gelen sabitlerdir ve doyma eğrisi üzerindeki iki nokta için S_E 'nin değerinin bulunmasıyla tesbit edilir.

Doyma fonksiyonu için diğ̄er bir fonksiyonel form :

$$S_E = \frac{A}{\dot{E}_x} \epsilon^{BE_x} \quad (A.14)$$

$$\dot{E}_x = \dot{E}_x \quad (A.17)$$

$$\bar{I}_f = S_E \bar{E}_x = A \epsilon^{BE_x} \quad (A.15)$$

Efektif Zaman Sabiti

Doyma ihmal edilir ve küçük değişimler gözönünde tutulursa :

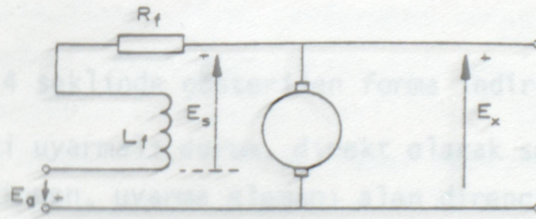
$$\frac{E_{FD}(s)}{V_R(s)} = \frac{1}{K_E + sT_E} = \frac{1/K_E}{1 + sT_E/K_E} \quad (A.16)$$

Efektif zaman sabiti = $T_E/K_E = L_{fu} = R_f$

Tüm uyarma elemanı kazançları ve efektif zaman sabiti R_f ile değişir.

Kendi kendini uyarmalı uyarma elemanı :

Şekil A.5. kendi kendini uyarmalı bir d.c uyarma elemanının şematik diyagramını göstermektedir.

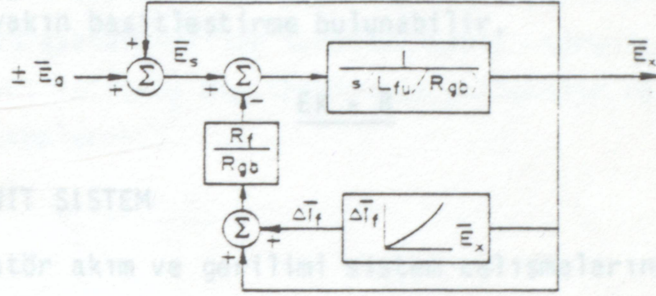


Şekil A.5 Kendi kendini uyarmalı d.c uyarma elemanı

E_a , uyarma elemanının şont sargısına seri bağlı bir amplifikatör gerilimini veya çok sarımlı tipteki bir uyarma elemanının eşdeğer seri gerilimini gösterir.

$$\bar{E}_s = \bar{E}_x + \bar{E}_a \quad (A.17)$$

Böylece blok diyagram gösterimi ;



Şekil A.6. Kendi kendini uyarmalı d.c. uyarma elemanı

$$K_E = R_f/R_{gb} - 1$$

$$T_E = L_{fu}/R_{gb}$$

$$S_{E1} = R_f S_E / R_{gb} \quad (A.18)$$

$$V_R = E_a$$

$$E_{fd} = E_x$$

yazılarak A.4 şeklinde gösterilen forma indirgenir.

Kendi kendini uyarmalı durum, direkt olarak serbest uyarmalı durumdan elde edilebildiğinden, uyarma elemanı alan direncindeki değişimleri yukarıdaki gösterim en iyi şekilde açıklar. Gerilim regülatörünün çıkış gerilimini (V_R) sınırlamak gibi reostanın periyodik ayarının etkisi R_f 'ı değiştirmek ve böylece K_E ve S_E doyma fonksiyonu terimini değiştirmektedir. Doyma fonksiyonunun başlangıç şartları (S_{E0}), A.13 ve A.14 eşitliklerine verilen alan geriliminin başlangıç değerine bağlı olarak

tesbit edilir. K_E 'nin değeri, E_a 'nın sifıra eşit bir başlangıç kararlı hal değerini gerektirir.

$$K_E = -S_{E0} \quad (A.19)$$

Yukarıdaki analizde, uyarma elemanı alan akımının p.u değeri 1 seçilerek, uyarma sistem parametreleri basitleştirilir. Öyle ki uyarma elemanının alan akımı, generatörün yüklü doyma karakteristiğinin lineer bölgesinde nominal gerilimini üretir. Farklı baz parametreleri veya değerleri seçilerek te buna yakın basitleştirme bulunabilir.

EK - B

PER-UNIT SİSTEM

Generatör akım ve gerilimi sistem çalışmalarında kullanılırken per-unit değişkenler olarak belirtilirler. Per-unit değerler şu şekilde seçilirler : Generatör uç geriliminin nominal değeri, stator akımının nominal değeri, generatör nominal gerilimini üreten uyarma akımının değeri, 1 per-unit olarak seçilir.

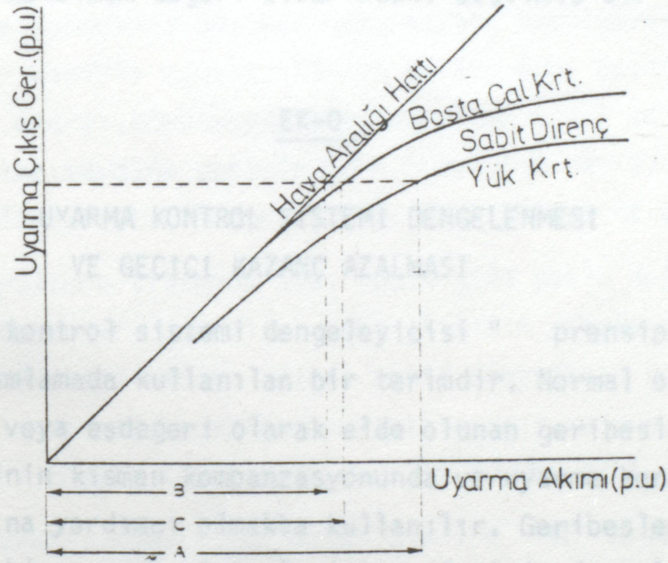
Uyarma sistem modelleri, hem stator hem de alan terminallerinde generatör modelleri ile bir arabilim olmalıdır. Gerilim regülatörü girişinde uygun per-unit değişkenlerle generatör uç geriliminin per-unit işareti mecburi olarak toplanırlar. Uyarma elemanı çıkış akımı generatör alan akımı bazında, gerilimi ise generatör alan gerilimi bazında per-unit değerde olmalıdırlar.

Geçmişte gerilim regülatörü çıkış gerilimini normalize etmek için farklı bazlar kullanılırdı. Aynı performans karakteristiklerine sahip benzer uyarma sistemleri, regülatör çıkışı için seçilen bazlara bağlı olarak oldukça farklı parametrelere sahip olabilirler. Ek-A'da tanımlandığı üzere uyarma elemanı için per-unit sistem, zaman sabitlerinin fizikî manalarının elde edilmesinde bir avantaj verecektir.

DOYMA FONKSİYONU

Uyarma elemanı doyma fonksiyonu S_E , doymadan dolayı oluşan uyarma gücü artışlarını göstermek üzere uyarma elemanı çıkış geriliminin per-unit değeri olarak hesaplanır. Şekil C.1 S_E 'nin özel bir değerinin hesaplanmasını gösterir. Verilen bir uyarma elemanı çıkış geriliminde, A, B ve C büyüklükleri, başta çalışma karakteristiği üzerinde, hava aralığı hattında, sabit-direnç-yük doyma eğrisi üzerinde çıkış gerilimini üretecek uyarma gerilimini sağlayacak şekilde seçilir. Sabit direnç-yük doyma eğrisi doğru akım makinaları için, S_E 'nin tesbitinde kullanılır ve S_E aşağıdaki bağlantıyla hesaplanır.

$$S_E = \frac{A-B}{B}$$



Şekil C.1 Uyarma elemanı doyma karakteristikleri.

Dikkat edilmelidir ki, uyarma elemanı alan direnci S_E 'nin ayarlı bir değerine karşılık gelen baz dirençten önemli derecede farklı ise, EK-A'da tanımlandığı gibi S_E değeri kullanılmalıdır.

Boşta çalışma karakteristiği alternatör - doğrultucu uyarma elemanı için S_E değerinin hesaplanmasında kullanılır ve aşağıdaki eşitlik geçerlidir:

$$S_E = \frac{C-B}{B}$$

Alternatör - doğrultucu uyarma elemanı için boşta çalışma karakteristiğinin kullanılmasının sebebi, bu modellerde senkron reaktans ve komütasyon reaktanslarındaki gerilim düşümlerinin regülasyon üzerine etkilerinin gözönünde bulundurulması gerekliliğidir.

Doymanın etkileri yüksek gerilimlerde çok daha önemlidir. S_E 'nin değerleri, uyarma elemanının tepe geriliminde veya civarında ve daha düşük bir değerinde (tepe geriliminin % 75'i) belirlenir.

Bazı durumlarda, mesela kendinden uyarmalı doğru akım makinasında tepe gerilimi K_E değerine bağlı olduğundan kesin olarak bilinemez. Bu gibi durumlarda bir S_{E1} değeri seçilir ve bu değer uyarma elemanı geriliminin tahmin edilen maksimum değeri civarındaki seçilmiş bir değerine karşılık gelir.

EK-D

UYARMA KONTROL SİSTEMİ DENGELENMESİ VE GEÇİCİ KAZANÇ AZALMASI

" Uyarma kontrol sistemi dengeleyicisi " prensip uyarma geribesleme devresini tanımlamada kullanılan bir terimdir. Normal olarak generatör alan gerilimi veya eşdeğeri olarak elde olunan geribesleme sinyali, uyarma zamansabitlerinin kısmen kompanzasyonunda ve uyarma kontrol sisteminin dengeli çalışmasına yardımcı olmakta kullanılır. Geribesleme, önemli zaman sabitlerine sahip uyarma sistemlerinin çoğu için dengeli bölge dışı çalışmalarında gereklidir.

Yüksek başlangıç cevaplı uyarma sistemlerinde dengeleme normal olarak gerekmez. Dengeli çalışma için, güç sistemi sönümlemesine regülatörün negatif yardımını minimize etmek için, gerilim regülatörünün yüksek frekanslardaki çevrim kazancını azaltmak üzere dengeleme istenebilir. Bir güç sistem dengeleyici kullanılarak sönümlenmenin artırıldığı yerlerde özellikle kullanılır.

" Geçici kazanç azalması" modellerde, uyarma regülatörünün ileri besleme hattındaki uygun seçilmiş endüktif-kapasitif zaman sabitleri (Şekil 3.9'da T_B ve T_C) ile veya uyarma elemanı dengeleyici hattında uygun parametrelerin (K_F ve T_F) seçimiyle belirtilmiştir.

EK - E

DOĞRULTUCU REGÜLASYON

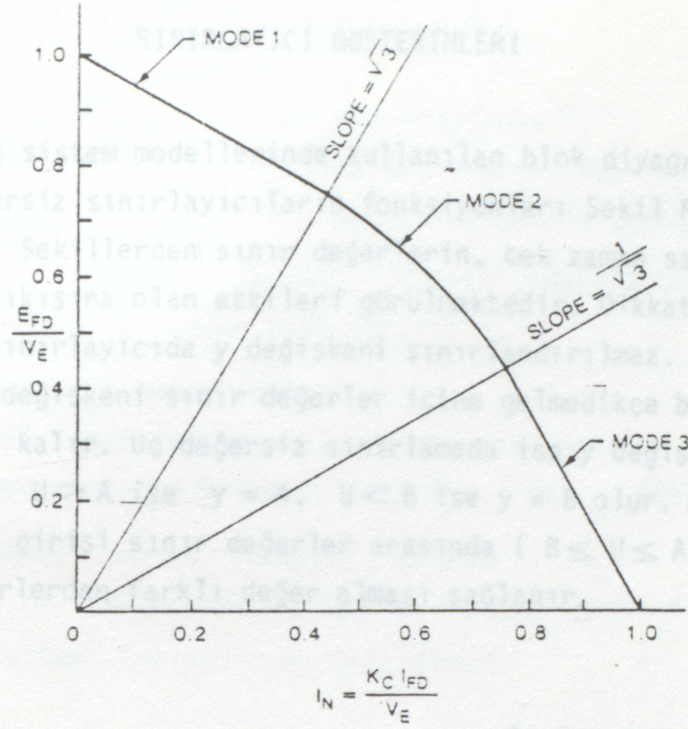
Kontrollü ya da kontrolsüz doğrultucuları besleyen bütün alternatif akım kaynakları, endüktif karakterli iç empedansa sahiptirler. Bu empedansın etkisi iki türdür. Birincisi iletimdeki doğrultucular arasında akım komütasyon işlemini değiştirir. İkincisi ise yük akımının artmasıyla orantılı olarak, doğrultucu çıkışındaki ortalama gerilimin düşmesine sebep olur. Doğrultucular arasındaki akım transferine ters olan kaynak reaktansının faz-toprak arası değeri komütasyon reaktansı olarak belirir.

Komütasyon reaktansı bir doğrultucudan diğerine akımın ani transferini önleyici etkiye sahiptir. Böylece komütasyon, komütasyon açısı (μ) ile elde edilen bir sınırlı zamana ihtiyaç duyar. Aynı zamanda yük akımının değerine bağlı olarak, komütasyon başlangıcında (α) açısıyla tanımlanan tabii bir gecikme meydana getirir. (α) gecikme açısı tristörlerdeki gecikme açısıyla karıştırılmamalıdır.). Her iki açı da elektriksel açıdır.

Birçok doğrultucu sistemde altı fazlı çift yönlü doğrultucular kullanılır. Bu tip devreler, doğrultucu yük akımının yüksüz durumundan kısa devre değerine değişen sahası içinde tarif edeceğimiz üç mod'dan birinde çalışırlar. Çalışma modu komütasyon reaktansının ve yük akımının sonuçlarına bağlıdır, mesela komütasyon gerilim düşümü gibi...

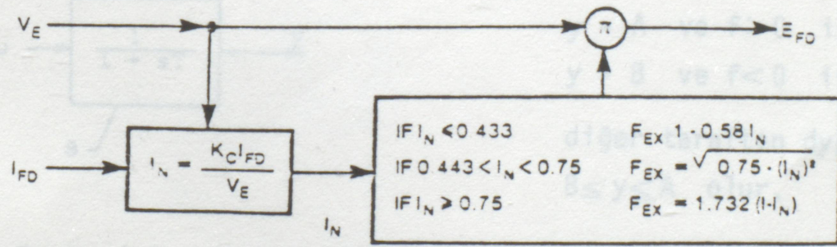
Mod 1 çalışmada, komütasyon açısı (μ) $0 - 60^\circ$ arasında değişir ve tabii gecikme açısı (α) sıfırdır. Mod 2 çalışmada komütasyon açısı (μ) 60° değerinde sabittir, fakat komütasyon başlangıcı $0-30^\circ$ arasında değişen tabii gecikme açısı (α) ile geciktirilir. Mod 3 çalışmada ise tabii gecikme açısı (α) 30° değerinde sabittir ve komütasyon açısı (μ) $60^\circ - 120^\circ$ arasında değişir.

E_{gp} , I_{gp} , V_g ve K_g büyüklükleri generatör alan bazında per-unit değerlerdir.



Şekil E.1 Doğrultucu Regülasyon Karakteristikleri

Bu üç tür çalışmamodunu karakterize eden eşitlikler, yük akımının yüksüz halden kısa devre değerine kadar değişmesidurumunda, komütasyon gerilim düşümünün fonksiyonu olarak doğrultucu regülasyonunu tanımlarlar. Bu eşitliklerle elde edilen doğrultucu regülasyon karakteristikleri Şekil E.1'deki gibi çizilebilirler.



Şekil E.2 Doğrultucu Regülasyon Eşitlikleri

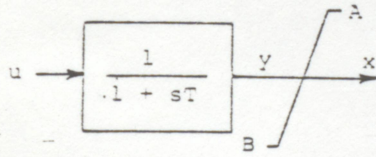
E_{FD} , I_{FD} , V_E ve K_C büyüklükleri generatör alan bazında per-unit değerlerdir.

SINIRLAYICI GÖSTERİMLERİ

1) "Electric Utility Systems and Practices"

Uyarma sistem modellerinde kullanılan blok diyagramlarındaki uç değer ve uç değersiz sınırlayıcıların fonksiyonları Şekil F.1 ve F.2 de gösterilmiştir. Şekillerden sınır değerlerin, tek zaman sabitli bir transfer bloğunun çıkışına olan etkileri görülmektedir. Dikkat edilmelidir ki, bir uç değer sınırlayıcıda y değişkeni sınırlanmaz. Böylece çıkış değişkeni x , y değişkeni sınır değerler içine gelmedikçe bir sınır değerinde (A veya B) kalır. Uç değersiz sınırlamada ise y değişkeni sınırlanmaz. Eğer giriş $U > A$ ise $y = A$, $U < B$ ise $y = B$ olur. Bu sınırlayıcı ile çıkışın, u girişi sınır değerler arasında ($B \leq u \leq A$) tekrar getirerek sınır değerlerden farklı değer alması sağlanır.

5) "Power System Control and Stability"



Sistem Eşitlikleri

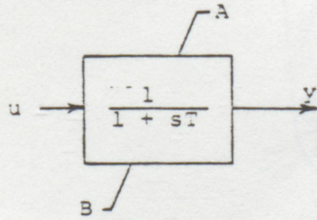
$$B \leq y \leq A \quad \text{ise} \quad x = y$$

$$y > A \quad \text{ise} \quad x = A$$

$$y < B \quad \text{ise} \quad x = B \quad \text{olur.}$$

$$dy/dt = (u-y)/T$$

Şekil F.1 Uç değer sınırlayıcı



Sistem Eşitlikleri

$$f = (u-y)/T$$

$$y = A \quad \text{ve} \quad f > 0 \quad \text{ise} \quad dy/dt = 0$$

$$y = B \quad \text{ve} \quad f < 0 \quad \text{ise} \quad dy/dt = 0$$

diğer taraftan $dy/dt = f$ ise

$$B \leq y \leq A \quad \text{olur.}$$

Şekil F.2 Uç değersiz sınırlayıcı.

REFERANSLAR

- 1) " Electric Utility Systems and Practices "
Electric Utility Systems Engineering Department
General Electric Company
- 2) BODUROĞLU, Prof. Dr. Turgut, " Elektrik Makinaları Dersleri"
Senkron Makinalar cilt III.
- 3) " Excitation System Models "
IEEE Committee Report, IEEE Transactions on Power
Apparatus and Systems, Vol. PAS - 95 pp.495-507
- 4) GANZ Electric Works Budapest, HUNGARY
SG 18 - 1000/1900 tip Uyarma sistemi tanıtım kataloğu
- 5) "Power System Control and Stability"



Ö Z G E Ç M İ Ş

Ali İhsan ÇANAKOĞLU, 1965 yılında Kütahya'da doğdu. İlk, orta ve Lise eğitimini Kütahya'da tamamladı. 1989 yılında Yıldız Üniversitesi Elektrik Mühendisliği Bölümünde Lisans eğitimini tamamladı. Aynı yıl Yüksek Lisans programını kazandı. Halen eğitime devam etmektedir.

