

Alternatif Akım Jen, Oto, Gen, Kon,

Gürsan Kaplan

1967

R

152

75

519401

ALTERNATİF AKIM JENERATÖRLERİNDE OTOMATİK
GERİLİM KONTROLÜ ...

Eik. Müh. Gürcan KAPLAN

Yıldız Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Elektrik Mühendisliği Bölümü

TEZ ÇALIŞMASI

İÇİNDEKİLER :

1) OTOMATİK KONTROL.....	1
1.1) Temel bilgiler.....	1
1.2) Kontrol edilen sistemlerin elemanları ve nitelikleri.....	1
1.3) Otomatik kontrol sistemi elemanlarının	

ÖNSÖZ : a) görevleri.....	2
---------------------------	---

Günümüzde gelişmekte olan teknolojinin bir ürünü olan otomatik kontrol, jeneratörlerde bir gereksinim olarak ortaya çıkmaktadır. Bu sahada yetişmiş teknik eleman ihtiyacı gün geçtikçe kendini daha çok hissettirmektedir.

Öğrenimin içinde bulunduğu sınırlı teknik olanaklara rağmen, bu çalışma ortamını 1983-84 öğrenim döneminde ALTERNATİF AKIM JENERATÖRLERİNDE OTOMATİK GERİLİM KONTROLU adı altındaki tez çalışmasını yapmamı sağlayan değerli hocamız Prof. Yük. Müh. KEMAL HALICI'ya burada teşekkür etmeyi bir borç bilirim.

Ayrıca, deney çalışmalarım sırasındaki değerli yardımlarından dolayı SERVOMEKANİZMA ve TAHRİK LABORATUARİ asistanlarına çok teşekkür ederim.

3.1) Döner devreleri.....	10
3.1.1) Akıtan uyarmalı jeneratör.....	10
3.1.2) Gönt-jeneratör.....	Etk. Müh. Gürcan Kaplan.
3.1.3) Seri-jeneratör.....	13
3.1.4) Seri/gönt-jeneratör.....	13
3.2) Akıtan-akınlı jeneratörler.....	14
3.2.1) Akıtan.....	14
3.2.2) Çalışma şekli.....	14
3.2.3) Kaynak jeneratörü.....	16
4) AÇIK VE KAPALI ÇEVRE KONTROL SİSTEMİ SÜREKLİ REJİM REJİMİ.....	16

İÇİNDEKİLER :

I) OTOMATİK KONTROL.....	I
I.1) Temel bilgiler.....	I
I.2) Kontrol edilen sistemlerin elemanları ve nitelikleri.....	I
I.3) Otomatik kontrol sistemi elemanlarının ana görevleri.....	2
I.4) Kontrol cihazları.....	2
I.5) Kontrol cihazı mekanizmaları.....	3
I.6) Enerjiyi tahrik ünitesine aktarma organları.....	4
I.7) Tahrik üniteleri.....	4
I.8) Gecikme.....	4
2) OTOMATİK KONTROL SİSTEMLERİNİN SINIFLANDIRILMASI.....	5
2.1) Açık çevrim otomatik kontrolü.....	5
2.2) Kapalı çevrim otomatik kontrolü.....	5
3) DOĞRU AKIM JENERATÖRLERİ.....	8
3.1) Sargı devreleri.....	10
3.1.1) Dıştan uyarmalı jeneratör.....	10
3.1.2) Şönt-jeneratör.....	10
3.1.3) Seri-jeneratör.....	13
3.1.4) Seri/şönt-jeneratör.....	13
3.2) Enine-alanlı jeneratörler.....	14
3.2.1) Yapısı.....	14
3.2.2) Çalışma şekli.....	14
3.2.3) Kaynak jeneratörü.....	16
4) AÇIK VE KAPALI ÇEVİRİM LİNEER KONTROL SİSTEMİ SÜREKLİ REJİM ETÜDÜ.....	16

4.1)Açık çevrim elementer kontrol sistemi.....	16
4.2)Kapaalı çevrim elementer kontrol sistemi....	17
4.3)Kapaalı çevrim kontrol sistemlerinin fayda ve mahsurları.....	23
5)ALTERNATİF AKIM JENERATÖRLERİ.....	24
5.1)Senkron jeneratörlerde gerilim değişimi ve kontrolü.....	24
5.2)Senkron jeneratörlerde uç geriliminin otomatik olarak kontrolü.....	26
5.3)Tranzistörli bir gerilim regülatörü.....	34
5.4)Türbo-jeneratörlerin redresörlerle ikazı ile ilgili genel bilgiler.....	38
5.4.1)Klasik ikaz.....	38
5.4.2)A.c. makinaları ve silikon redresörlerle ikaz.....	38
5.4.3.1)A.c.ikaz makinaları.....	39
5.4.3.2)Redresör devresi.....	40
5.4.3.3)Lineer olmayan rezistans.....	40
5.4.3.4)Süratli,saha düşürücüsü.....	40
5.4.3.5)Voltaaj regülasyonu.....	40
5.4.3.6)Redresör devresinin korunması ve kapasitesi.....	43
5.4.4)Anbarlı termik santralının ISO'şer MW gücündeki 4. ve 5. gurubunun ikaz sistemi.....	44

1) OTOMATİK KONTROL

1.1) TEMEL BİLGİLER :

Otomatik kontrol sistemleri, konutlarda basit sıcaklık kontrolünden sanayide karmaşık işlem kontrollerine kadar geniş bir alana uygulanmaktadır. Bir değişkenin kontrol edilmesi öngörülen her yerde otomatik kontrol söz konusudur. Bu değişken gerilim, akım veya bir gaz, bir katı, bir sıvının sıcaklık, basınç, nem, akış hızı veya akış miktarı olabilir. Bu değişkenlerin kontrolünde en önemli husus, kontrol eden ve edilen cihazların çalışma düzenidir.

1.2) KONTROL EDİLEN SİSTEMLERİN ELEMANLARI ve NİTELİKLERİ :

Otomatik kontrolün uygulanabilmesi için, içinde kontrol edilebilir bir değişken bulunan bir sistemin mevcut olması gereklidir. Bu değişkenin kontrolü, genellikle ikinci bir düzenleyici değişkene komanda eden bir otomatik kontrol sistemi ile sağlanır.

"Kontrol edilen sistem" içinde kontrol edilen değişken bulunan bütün elemanından meydana gelir, fakat otomatik kontrol cihazlarını kapsamaz.

"Kontrol edilen değişken" ölçülen veya kontrol edilen miktar veya şartlardır ve "kontrol edilen ortam" içinde bulunur. Örneğin su sıcaklığı kontrol ediliyorsa kontrol edilen değişken "sıcaklık", kontrol edilen ortam "su" dur.

"Düzenleyici değişken", kontrol edilen değişkende istenen düzeltmeyi sağlamak üzere otomatik kontrol sistemi ile ayarlanan miktar veya şartlardır. Düzenleyici değişken "kontrol ortamının" bir niteliğidir. Örnek, bir odanın ısıtılmasında kullanılan buharlı bir ısıtıcı serpantini göz önüne alalım. Burada "kontrol edilen değişken" oda sıcaklığı, "kontrol edilen ortam" oda, "düzenleyici değişken" buhar miktarı ve "kontrol ortamı" da buhardır.

1.4) KONTROL SİSTEMİ :

1) Kontrol cihazı;

2) Kontrol edilen değişkendenki değişimleri izleyen ve

3) İzlenen ve ölçülen değişkenden aldığı varyasyon

devresinde kullanılabilecek uygun bir enerji türüne dönüştüren bir aygıt.

1.3) OTOMATİK KONTROL SİSTEMİ ELEMANLARININ ANA GÖREVLERİ :

Tam otomatik bir kontrol donanımında, kontrol cihazları tarafından yerine getirilmesi gereken 6 ana görev vardır.

1) Kontrol edilen bir veya birkaç değişken veya şartlardaki değişimleri ölçmek. (Kontrol cihazının izleme ve ölçme elemanları yapar.)

2) Bu değişimleri, nihai kontrol elemanı tarafından kullanılabilen şekilde kuvvet veya enerjiye dönüştürmek. (Kontrol cihazı mekanizması yapar.)

3) Enerji veya kuvvetleri, dönüşüm noktasından düzeltici hareket noktasına aktarmak. (Kontrol devresinin irtibat malzemesi, elektrik için kablo, pnömatik için boru ve mekanik için bağlantı çubukları yapar.)

4) Enerji veya kuvveti kullanarak nihai kontrol elemanının konumunu değiştirmek veya kontrol edilen şartlarda düzeltici değişimi gerçekleştirmek. (Motor veya vana gibi kontrol edilen cihazın tahrik ünitesi bunu gerçekleştirir.)

5) Düzeltici değişiminin tamamlanmasını izleme. (Kontrol cihazının izleme ve ölçme elemanları yapar.)

6) Düzeltme ötesi aşmaları önleme için düzeltici değişim çağrısının sona ermesi. (Kontrol cihazı mekanizması, irtibat malzemesi, tahrik ünitesi ve kontrol edilen cihaz bunu gerçekleştirir.)

Yukarıdaki görevlerin yerine getirilebilmesi için gerekli il sayıda uygun cihazların birbirleri ile bağlantılarının yapılması zorunludur. Çok defa, çözüm bekleyen kontrol sorunu için en uygun enerji türü, seçilen cihaz türünü tayin eder. Otomatik kontrolde en çok kullanılan enerji türü elektrik enerjisi ve basınçlı havadır.

1.4) KONTROL CİHAZLARI :

Kontrol cihazı;

a) Kontrol edilen değişkendeki değişimleri izleyen ve ölçen,

b) İzlenen ve ölçülen değişkenden aldığı uyarımı kontrol devresinde kullanabilecek ölçülü bir enerji türüne dönüştüren bir alettir.

Ölçülü enerji kontrol donanımını harekete geçirerek bir

değişimi düzeltir veya kontrol edilen değişkenin değişiminin istenen noktada durmasını sağlar.

İzleme ve ölçme görevleri kontrol cihazının izleyici elemanı tarafından yapılır. İzleyici elemanının malzeme ve yapısı; izleyici eleman kontrol edilen şartlardaki değişimlerden etkilenecek şekilde olmalıdır. Elektriksel ve pnömatik kontrol cihazları genellikle aynı tür izleyici eleman kullanırlar. Son derece hassas olan elektronik kontrol cihazları ise, elektriksel ve pnömatik kontrol cihazlarının uyarımlarını değerlendiremeyeceği izleyici elemanları kullanabilmektedirler.

1.5) KONTROL CİHAZI MEKANİZMALARI :

Otomatik kontrolde ikinci adım, kontrol edilen değişkende ölçülen değişimi kontrol sisteminde kullanılabilecek bir enerji türüne dönüştürmektir. İzleyici elemanda, kontrol edilen değişkenin ölçülen değeri bir uyarıma dönüştürülmüştür ve bu uyarım kontrol mekanizmasını hareket ettirir.

Elektriksel bir kontrol cihazında izleyici elemanın gönderdiği uyarım; bir elektrik devresini açmak veya kapamak veya mevcut bir devrede bir direnç değişimi sağlamak için kullanılır. Pnömatik kontrol cihazlarında bu mekanizma genellikle açıp kapatan bir vanalar sistemi veya basınçlı havayı kontrollü olarak dışarı sızdırmak suretiyle nihai kontrol elemanına giden hava basıncını ayarlayan bir "kapatıcı"dır.

Kontrol cihazı mekanizması aslında bir "yükseltici"dir. Bu husus, ölçme ve izleme görevlerinin elektronik enerji vasıtasıyla yapıldığı ve elektronik bir yükselticide kuvvetlendirildiği elektronik kontrol cihazlarında daha da belirlidir.

1.6) ENERJİYİ TAHRİK ÜNİTESİNE AKTARMA ORGANLARI :

Enerjiyi kontrol cihazından tahrik ünitesine iletmek için elektriksel ve elektronik kontrolde elektrik kabloları, pnömatik kontrolde bakır veya plâstik borular kullanılır.

1.7) TAHRİK ÜNİTELERİ :

Bir tahrik ünitesi, elektrik veya pnömatik enerjinin bir dönel, doğrusal veya açıp-kapama hareketine dönüştürüldüğü bir motor, röle veya selenoid'dir.

Bir tahrik ünitesi çeşitli nihaî kontrol elemanlarını hareket ettirmek suretiyle kontrol edilen değişkende istenilen değişimi gerçekleştirir.

1.8) GECİKME :

Otomatik kontrol sistemlerinden bahsederken sık sık "gecikme" deyiimi kullanılır. Gecikme; sistemin bir bölümünde değişen şartların sistemin bir diğer bölümü tarafından izlenmesindeki gecikmedir. Toplam gecikme, kontrol eden sistem ile kontrol edilen sistemdeki gecikmeler toplamıdır.

Kontrol sistemindeki gecikme (kontrol gecikmesi);

a) Kontrol cihazındaki (ölçme gecikmesi),

b) Nihaî kontrol elemanındaki gecikmeler toplamıdır.

Kontrol edilen sistemdeki gecikme (sistem gecikmesi);

a) Nihaî kontrol elemanının konum değiştirmesine nazaran düzeltici değişkenin değişimindeki,

b) Kontrol ortamından kontrol edilen ortama enerji aktarma hızı değişimindeki,

c) Kontrol ortamından kontrol edilen değişkene enerji aktarılmasındaki değişimin kontrol edilen değişkeni etkilemesindeki gecikmeler toplamıdır.

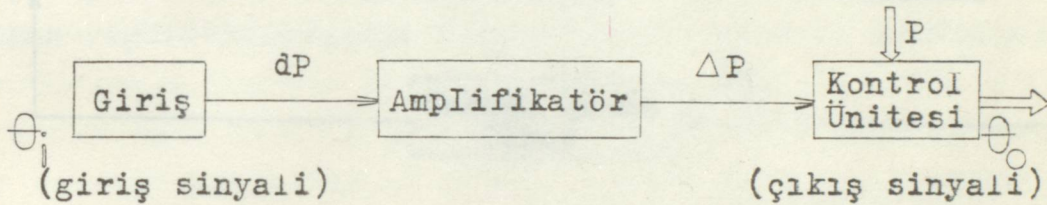
2) OTOMATİK KONTROL SİSTEMLERİNİN SINIFLANDIRILMASI :

2.1) Açık çevrim otomatik kontrolü.

2.2) Kapalı " " " " .

2.1) Açık Çevrim Otomatik Kontrolü:

Giriş sinyali (kumanda sinyali) düşük bir değer olup amplifikatörlerden geçirilir. Böylece kontrol ünitesindeki enerji akışı kontrol edilir. Giriş ile çıkış arasında direkt bir bağlantı, yani geri besleme mevcut değildir. Vida, disk veya reostayı çevirmekle giriş sinyali uygulanır. İstenen çıkış sinyali bu diskle önceden kalibre edilmek suretiyle istenilen çıkış elde edilir.



Açık çevrim kontrol sisteminin blok diyagramı:

Trafik lambalarını açık çevrim kontrol sistemine örnek gösterebiliriz. Kontrol operasyonu trafiğin hacmine bağlı değildir. Bu nedenle açık çevrimdir. Periyodik olarak eşit sürelerde yanıp söner. Ama trafiğin hacmi tayin edilip buna göre lambalar yanıp söndürülürse kapalı çevrim kontrol sistemine geçilmiş olur. Dolayısıyla ek ünitelere ihtiyaç vardır.

2.2) Kapalı Çevrim Otomatik Kontrolü:

Çıkış ölçülür ve bu ölçüye tekabül eden sinyal ile geri besleme yapılır. Sonra giriş çıkış sinyallerinin farkı tespit edilir. Böylece giriş sinyali ile geri besleme sinyalinin farkı teşkil edilmiş olur. Bu fark sinyali sistemi otomatik olarak kontrol için kullanılır. Girişte bir mukayese elemanına ihtiyaç vardır.

Hata Sinyali = Giriş Sinyali - Çıkış Sinyali

$$E = \theta_i - \theta_o$$

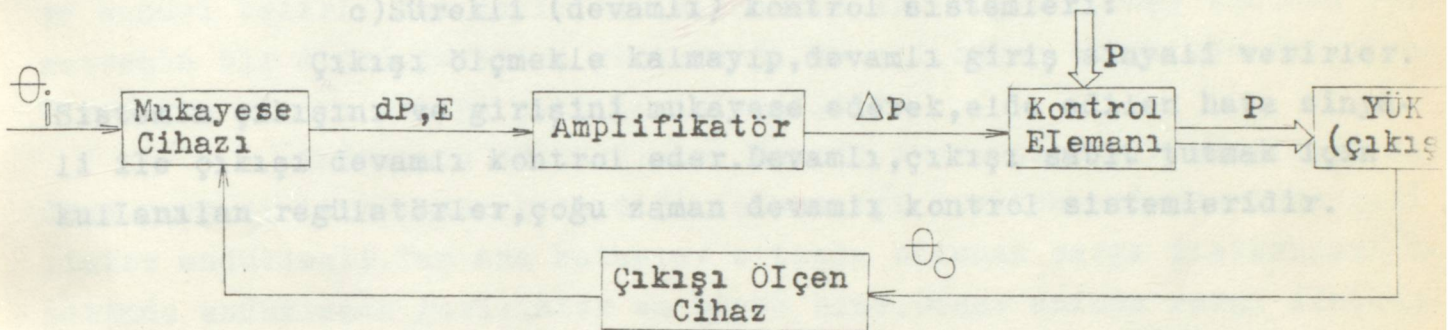
E:Hata sinyali(Error = Hata)

Hata sinyali sistemi kontrol için kullanılabilir.

$$E = \theta_i - f(\theta_o)$$

$f(\theta_o)$:Çıkışın fonksiyonudur.

E:Hareket sinyali olur.



Kapalı çevrim kontrol sisteminin blok diyagramı:

Kapalı çevrim kontrol sisteminde blokların sayısı ihtiyaca göre azalır, çoğaltılabilir. Önceden de bahsedildiği gibi, bu kontrol sistemleri elektrik, mekanik, optik, hidrolik, pnömatik, ... v.s. olabilir.

Kullanılan Hata veya Hareket Sinyalinin Tipine Göre;

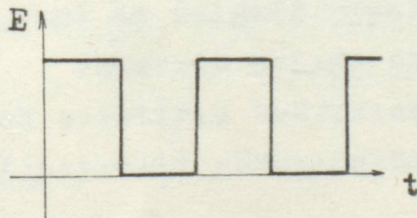
a) Açık-Kapalı (on-off) kontrol sistemleri.

b) Kademeli (basamaklı) " " .

c) Sürekli (devamlı) " " .

a) Açık-Kapalı (on-off) kontrol sistemleri:

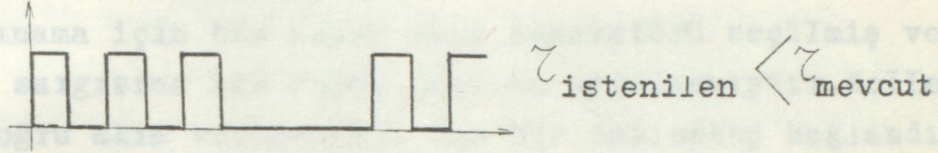
Bu sistemlerde hata veya hareket sinyalleri devreyi açar veya kapatır.



Oda sıcaklığı veya buzdolabının termostatik kontrolü buna bir örnektir. Termostat hata dedektörüdür.

b) Kademeli (basamaklı) kontrol sistemleri:

Açık-kapalı kontrol sisteminin biraz değişik şeklidir. Güç devreye kademeli olarak verilir. Sıcaklık derecesi istenilen değerin altında ise devreye güç verilir.



c) Sürekli (devamlı) kontrol sistemleri:

Çıkışı ölçmekle kalmayıp, devamlı giriş sinyali verirler. Sistemin çıkışını ve girişini mukayese ederek, elde edilen hata sinyali ile çıkışı devamlı kontrol eder. Devamlı, çıkışı sabit tutmak için kullanılan regülatörler, çoğu zaman devamlı kontrol sistemleridir.

3) DOGRU AKIM JENERATÖRLERİ :

Eskiden bu tür makinalara Dinamo deyimi takılmakta idi, ancak bu gün artık bu deyim kullanılmamakta ve elektrik gücü üreten bütün makinalara JENERATÖR denilmektedir.

Sinama için bir doğru akım jeneratörü seçilmiş ve deney amacı ile uyarı sargısına bir doğru gerilim uygulanmıştır. Kollektör fırçalarına bir doğru akım voltmetresi ile bir osiloskop bağlandıktan sonra endüvi belirli bir devir sayısında döndürülmüştür. Deney sonunda voltmetrenin bir doğru gerilimi gösterdiği ve osiloskop ekranında dalgalı bir doğru akımın ortaya çıktığı izlenmiştir.

Endüvinin döndürülmesi anında, uyarı alanının çizgileri endüvi sargısı tarafından kesildiği için, sargı iletkenleri üzerinde gerilimler endüklenir. Tam ana kutuplar altında bulunan sargı iletkenleri üzerinde endüklenen gerilimler en büyük olur. Dönme anında sargı iletkenleri bir sonraki ana kutuplar altına geldiklerinde de endüklenen gerilimler en büyük olmakta, ancak her değişik manyetik kutup altında yönleri farklılaşmaktadır.

"Doğru akım jeneratörlerinin endüvilerinde alternatif gerilimler endüklenir."

Endüvi sargısıyla birlikte kollektör de döner. Kollektör yardımıyla daima fırçalardan biri, statorun N-kutupu altında bulunan endüvi-sargı iletkeni ile ve diğeri, statorun S-kutupu altında bulunan endüvi-sargı iletkeni ile bağlantı halindedir. Bunun sonucu endüvi sargısı üzerine endüklenmiş olan alternatif gerilimler kollektörde doğrultulmuş olur. Kollektör dilimleri ne denli çok olursa, endüvi üzerinde bulunan sargı sayısı o kadar çok olmakta ve fırçalardan alınan gerilimler o denli düzgün, yani az dalgalı olmaktadır.

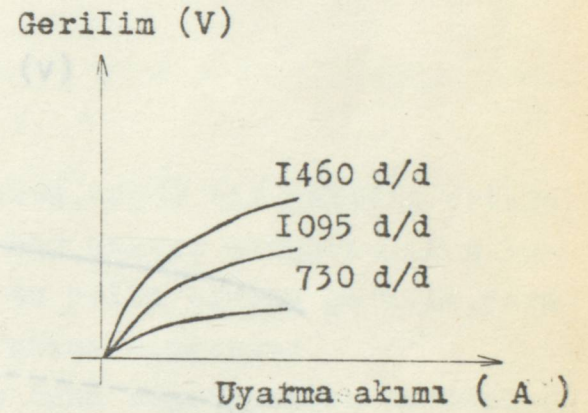
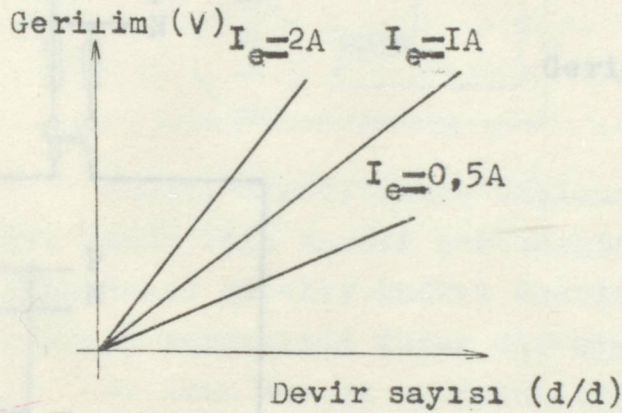
Yukarıda anılan sinama bir daha, ancak endüvi aksi yönde döndürülmek suretiyle tekrarlanmış ve fırçalarda bulunan gerilimin polarite değiştirdiği görülmüştür.

Aynı sına, uyarı sargısından geçen akımın yönü değiştirilerek bir kez daha tekrarılandığında fırçalarda bulunan gerilim polaritesinin gene değiştiği izlenmiştir.

Endüvi dönme yönünün ya da uyarı sargısından geçen akım yönünün değiştirilmesi suretiyle doğru akım jeneratörlerinde endüklenen gerilimin yönü değişir. Çünkü her iki durumda da alan çizgilerinin endüvi-sargı iletkenleri tarafından kesilme yönü değişmektedir.

Bir doğru akım jeneratörünün fırçalarında elde edilen gerilimin büyüklüğü endüvinin devir sayısına ve uyarı akımının şiddetine bağlıdır.

Nitekim endüvinin devir sayısı yükseltilince, her bir sargı iletkeninin birim zamanda (örneğin bir saniyede) keseceği alan çizgisi sayısı artar ve bunun sonucu endüklenen gerilim büyür. (Şekil 1)



Şekil 1: Çeşitli uyarı akımlarında jeneratör karakteristiği.

Şekil 2: Çeşitli devir sayılarında jeneratör karakteristiği.

Uyarı sargılarından geçen akım şiddetinin yükseltilmesi ise daha çok manyetik alan çizgilerinin üretilmesi demektir. Bunun sonucu da endüvi sargılarında endüklenen gerilim daha büyük olur. (Şekil 2)

"Doğru akım jeneratörlerinde gerilimin polaritesi endüvinin dönme yönüne ya da uyarı akımının yönüne bağlıdır."

"Doğru akım jeneratörlerinde gerilimin büyüklüğü endüvinin devir sayısına ve uyarı akımının şiddetine bağlıdır."

3.1)Sargı Devreleri :

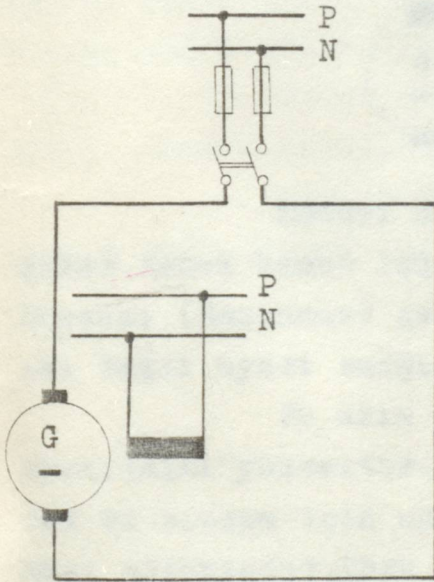
Uyarma sargısının endüvi sargısına bağlanma şekline göre doğru akım jeneratörleri farklı türlerde sınıflandırılır.

3.1.1a)Dıştan uyarmalı jeneratör:

Bu türden jeneratörlerde uyarı sargısı endüvi ile bağlantı halinde değildir.Uyarı akımı jeneratörün dışında bulunan ayrı bir kaynaktan,örneğin bir şebeke redresöründen sağlanır.(Şekil 3)

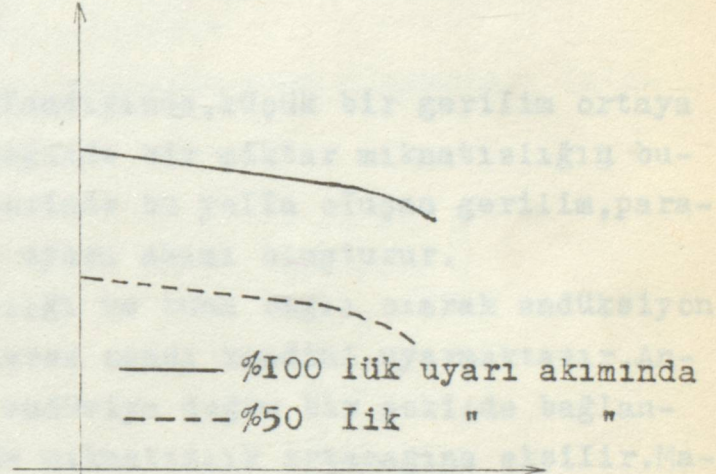
Yüklenme anında endüvi sargı direnci üzerinde düşen gerilim nedeni ile jeneratörün verdiği gerilim boştaki gerilime göre daha düşüktür.(Şekil 4)

Dıştan uyarmalı doğru akım jeneratörleri komuta jeneratörü olarak Leonard-konvektöründe kullanılır.



Şekil 3:Dıştan uyarmalı bir jeneratörün akım devresi.

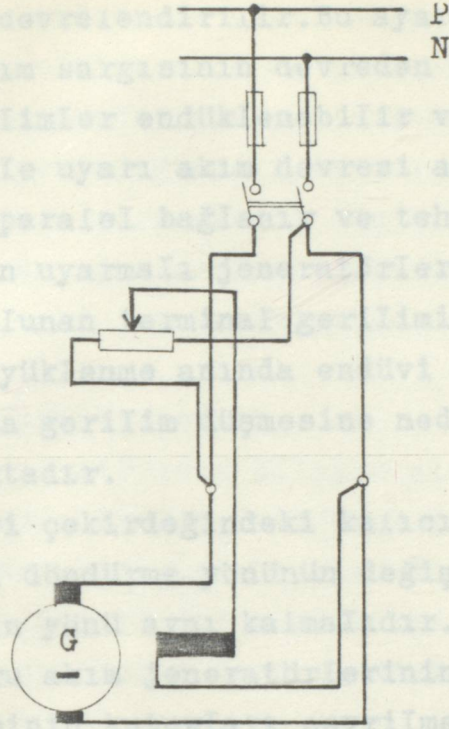
Gerilim (V)



Şekil 4:Dıştan uyarmalı bir jeneratörün karakteristiği.

3.1.2)Şönt-jeneratör:

Şönt jeneratörün uyarı sargısı endüviye paralel olarak bağlanmıştır.(Şekil 5)



Şekil 5:Alan ayarlayıcı ile bir şönt jeneratörün a-kım devresi.

Endüvi döndürülmeye başlandığında,küçük bir gerilim ortaya çıkar.Ancak bunun için endüvi çekirdeğinde bir miktar mıknatıslığın bulunması (Remanens) gerekir.Endüvi üzerinde bu yolla oluşan gerilim,paralel bağlı uyarı sargısında küçük bir uyarı akımı oluşturur.

Bu akım mevcut mıknatıslığı ve buna bağlı olarak endüksiyon gerilimini yükseltir.Yani makina giderek kendi kendini uyarmaktadır.Ancak bu oluşum için uyarı sargısının endüviye doğru bir şekilde bağlanması zorunludur.Ters bağlantı halinde mıknatıslık artacağına eksilir.Makinanın kendi kendini uyarması (öz uyarı) söz konusu olamaz.

Şayet şönt jeneratörlerde öz uyarı elde edilemiyorsa:

- Çekirdekte hiç mıknatıslık kalmamıştır.
- Uyarı sargısı yanlış bağlanmıştır.
- Endüvinin döndürülme yönü yanlıştır.
- Jeneratör kısa devre olmuştur.

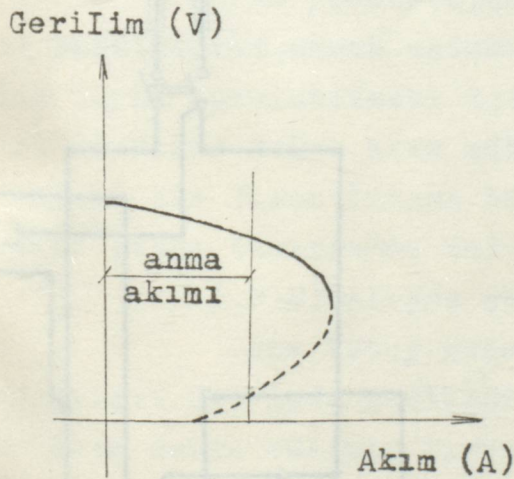
Gerilimin ayarlanması için uyarı sargısına genellikle bir alan ayarlayıcısı devrelendirilir. Bu ayarlayıcı döner-ya da surgülü bir dirençtir. Uyarı akım sargısının devreden çıkarılması anında uyarı sargısında büyük gerilimler endüklenebilir ve bunun sonucu izolasyon patlayabilir. Bu nedenle uyarı akım devresi açık iken, alan ayarlayıcı direnç uyarı sargılarına paralel bağlanır ve tehlike önlenir.

Dıştan uyarmalı jeneratörlere değinle şönt jeneratörlerde yüklenme anında bulunan terminal gerilimi yüksüz gerilimden daha düşüktür. Şekil 6. Çünkü, yüklenme anında endüvi direnci üzerinde düşen gerilim uyarı sargısında da gerilim düşmesine neden olmakta ve bundan dolayı uyarı akımı azalmaktadır.

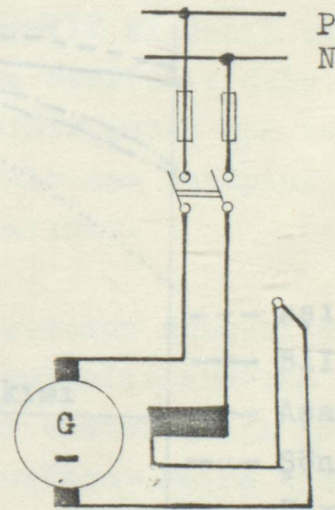
Endüvi çekirdeğindeki kalıcı mıknatıslığın daha da zayıflamaması için endüvi döndürme yönünün değiştirilmesi anında uyarı sargısından geçen akımın yönü aynı kalmalıdır.

"Doğru akım jeneratörlerinin dönme yönü değiştirildiğinde, endüvi akım devresinin kutupları çevrilmelidir."

Şönt jeneratörler, örneğin: otolarda şarj dinamları (alışılmış eski deyim) olarak kullanılır.



Şekil 6 : Bir şönt jeneratörünün yüklenme karakteristiği.



Şekil 7 : Bir seri-jeneratörün akım devresi.

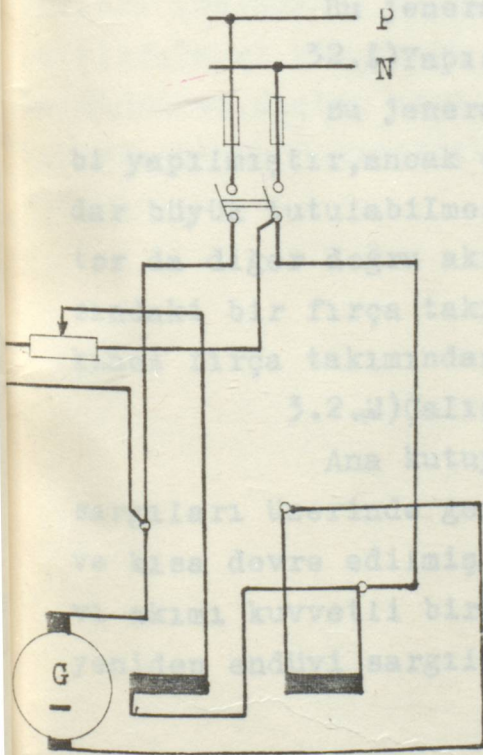
3.1.3) Seri-jeneratör:

Seri jeneratörlerde uyarı sargısı endüvi ile seri bağlanmıştır. (Şekil 7). Bu jeneratörlerde de şönt jeneratöründe olduğu gibi öz uyarı vardır. Seri jeneratörlere yüklenilmediği sürece, elde edilen gerilim sadece endüvi çekirdeğindeki kalıcı mıknatıslıktan (Kemanens) dolayı oluşur. Çünkü uyarı sargısından hiç bir akım geçmemektedir.

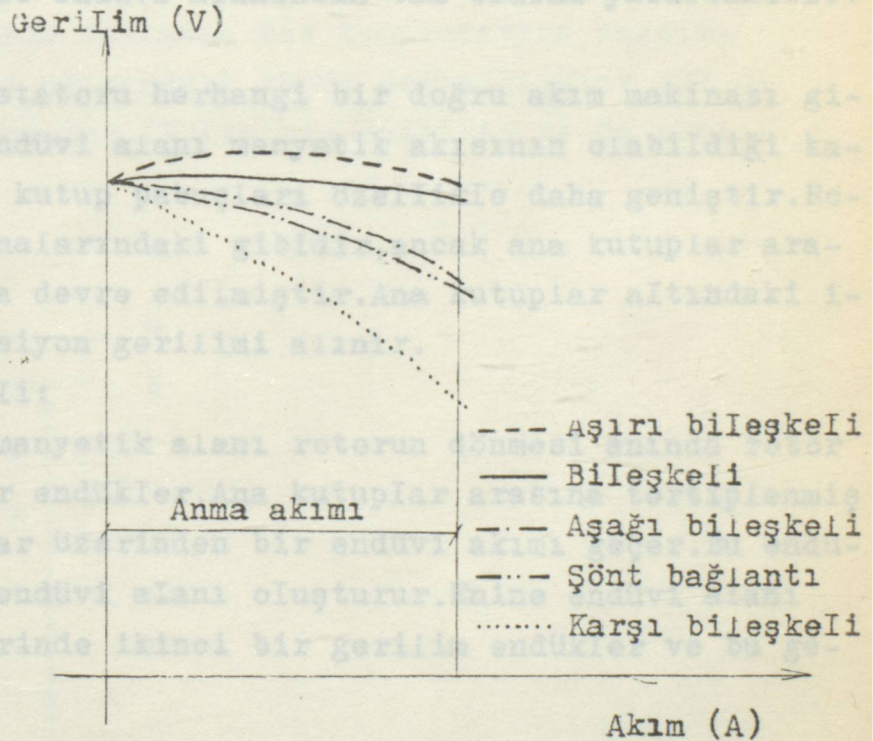
Yüklenme anında terminal gerilimi artar. Gerilimleri yüklenme ile arttığından seri jeneratörler yarasız olmakta ve kullanılmamaktadır.

3.1.4) Seri/şönt-jeneratör:

Bu tür jeneratörlere Bileşke alanlı jeneratör ya da Compound jeneratör de denilmektedir. Seri/şönt-jeneratörlerde iki uyarı sargısı bulunur. Aynı ana kutuplar üzerine tertiplenmiş olan bu sargılardan biri şönt sargı diğeri ise seri sargı şeklindedir. Alan ayarlayıcı direnç şönt sargının önüne devrelendirilir. (Şekil 8)



Şekil 8: Bileşke alanlı jeneratörün akım devresi.



Şekil 9: Bileşke alanlı jeneratör ile şönt jeneratörün karşılaştırılması. (Yük eğrileri)

Bu tür jeneratörlerde seri sargı,yüklenme anında şönt sargıdaki manyetik alan kuvvetlenecek şekilde devrelendirilir.Böylece seri sargıdan geçen devre akımı ayrıca bir uyartım alanı sağlayarak,jeneratör çıkış gerilimini yükseltir.Seri sarga tam projelendirilmiş ise jeneratör 'bileşkelendirilmiş' olur.(Şekil 9).Seri sargının tam projelendirilmesi:'jeneratör devir sayısı sabit iken yüklenmeler karşısında terminal gerilimi en az değişecek şekilde,sargı tur sayısının değerinin saptanması' demektir.'Aşırı bileşkelendirilmiş' jeneratörlerde seri sargı bir gerilim yükselmesine ve 'aşağı bileşkelendirilmiş' jeneratörde yüklenme anında bir gerilim düşmesine neden olur.Ancak bu gerilim düşmesi şönt-jeneratörlerde ortaya çıkan gerilim düşmesinden daha azdır.Şayet seri sargı,yüklenme anında şönt sargıdaki manyetik alan zayıflayacak şekilde devrelendirilirse,yüklenme anında terminal gerilimi oldukça büyük bir düşme gösterir.Bu durum 'jeneratör karşı bileşkelendirilmiş' olarak tanımlanmaktadır.

3.2)Enine-Alanlı Jeneratörler :

Bu jeneratörlerde endüvi alanından tam olarak yararlanılır.

3.2.1)Yapısı:

Bu jeneratörün statoru herhangi bir doğru akım makinası gibi yapılmıştır,ancak enine-endüvi alanı manyetik akısının olabildiği kadar büyük tutulabilmesi için kutup pabuçları özellikle daha geniştir.Rotor da diğer doğru akım makinelerindeki gibidir,ancak ana kutuplar arasındaki bir fırça takımı kısa devre edilmiştir.Ana kutuplar altındaki ikinci fırça takımından endüksiyon gerilimi alınır.

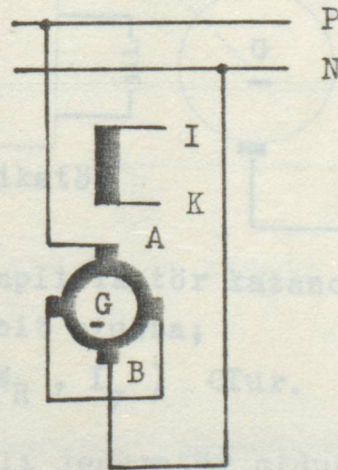
3.2.2)Çalışma şekli:

Ana kutupların manyetik alanı rotorun dönmesi anında rotor sargıları üzerinde gerilimler endükler.Ana kutuplar arasına tertiplenmiş ve kısa devre edilmiş fırçalar üzerinden bir endüvi akımı geçer.Bu endüvi akımı kuvvetli bir enine endüvi alanı oluşturur.Enine endüvi alanı yeniden endüvi sargıları üzerinde ikinci bir gerilim endükler ve bu ge-

Şekil 10:Enine-alanlı jeneratörün akım devresi.

rilim ana kutuplar altına tertiplenmiş ikinci fırça takımından alınır. Yükleme anında ikinci fırça takımı üzerinden yük akımı geçer ve bu akım ikinci bir enine endüvi alanı oluşturur. Dolayısıyla ana alan zayıflar. Devir sayısı yükseldikçe kısa devre edilmiş fırçalardan geçen akım artar ve öncelikle ilk enine-endüvi alanı kuvvetlenir. Bu arada yüklenmenin arttığı varsayılırsa yük akımının yükselmesi ana alanı zayıflatır. Ana alanın zayıflaması sonucu kısadevre edilmiş fırçalar üzerinden geçen ilk endüvi akımı ve ilk enine endüvi alanı azalır. Bu azalma endüvi sargıları üzerinde ikinci kez endüklenen gerilimin ve dolayısıyla ikinci fırça takımından çekilen yük akımının düşmesine neden olur. Yük akımının düşmesi sonucu ana alan tekrar kuvvetlenir ve baştan anlatılan evreler yeniden ard arda süre gittiğinde yük akımı yüklenmeye ve devir sayısına bağlı olmaksızın daima karalı kalır.

Dıştan uyarmalı jeneratörler (şekil 10) Sabit Akım Jeneratörleri (Metadyne) olarak, örneğin akümülatörlerin şarj edilmesinde kullanılır. Şayet yük akımı devresinde fazladan bir kompanzasyon sargısı bulunuyorsa, dıştan verilen uyarı akımındaki küçük değişiklikler yük akımında büyük değişiklikler oluşturur. (Yükselteç Makinası ya da Amplidyne).



Şekil 10: Enine-alanlı jeneratörün akım devresi.

3.2.3) Kaynak jeneratörü:

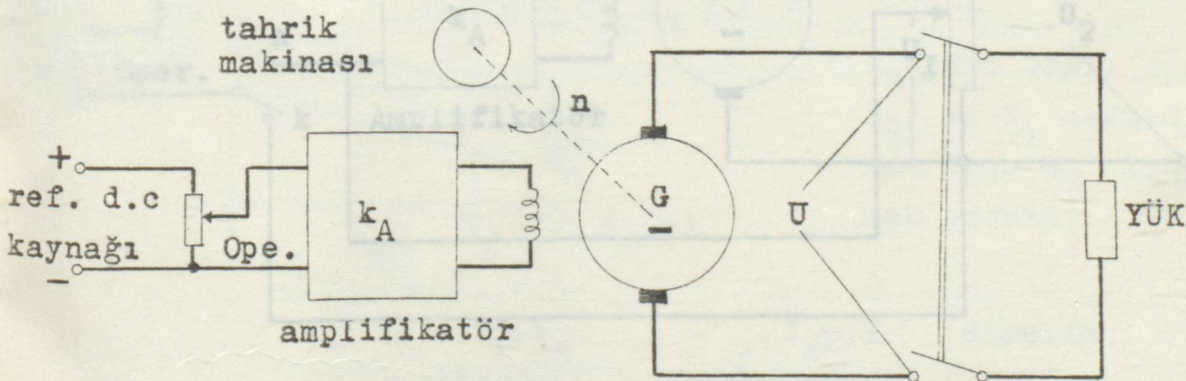
Bunlar genellikle enine alanlı jeneratörlerdir, ancak tek ayrıcalığı, uyarı sargısının kaynak akımı devresinde bulunan fırçalarla seri devrelenmiş olmasıdır.

Bu jeneratörlerde ana kutup içinde ayarlanabilir bir daıdırma kutup bulunur. Daıdırma kutupu yardımıyla ana alanın manyetik direnci ve buna bağlı olarak kaynak akımının şiddeti ayarlanabilir.

Kaynak işlemi sırasında elektrod önce iş parçasına değdirilir; yani jeneratör bir tür kısadevre edilir. Oluşan kısadevre akımı ayarlanmış kaynak akımından daha şiddetli değildir. Sonra elektrod ile iş parçası arasında kaynak arkının oluşması için elektrod biraz geri çekilir. Bu sırada jeneratörün yüksüz geriliminden daha büyük olan bir gerilim ortaya çıkar ve bu gerilim en fazla 100 V olabilir. Kaynak akımı ark gerilimine bağlı olmaksızın ayarlandığı değerde sürekli kararlı kalır.

4) AÇIK ve KAPALI ÇEVİRİM LİNEER KONTROL SİSTEMİ SÜREKLİ REJİM ETÜDÜ :

4.1) AÇIK ÇEVİRİM ELEMENTER GERİLİM KONTROL SİSTEMİ :



k_A : Amplifikatör kazancı.

n = sabit olursa;

$U = f(E_R, I_y)$ olur.

$U = f(E_R, n, I_y)$

E_R : Girişe uygulanan referans d.c. gerilimi.

n : Jeneratörün devir sayısı.

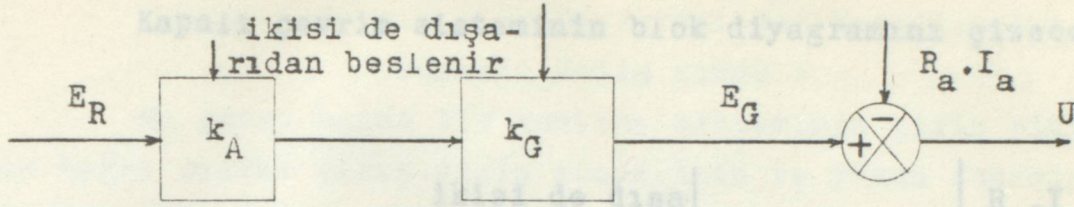
I_y : Yükl akımı.

Örnek, dıştan uyarımlı jeneratör olduğu için;

$$I_y = I_a$$

I_a : Endüvi akımı.

Bu açık çevrim sisteminin blok diyagramını çizecek olursak;



$$E_G = U_0 = E_R \cdot k_A \cdot k_G \quad (I_a = 0, \text{ yani boşta çalışmadaki gerilim değeri})$$

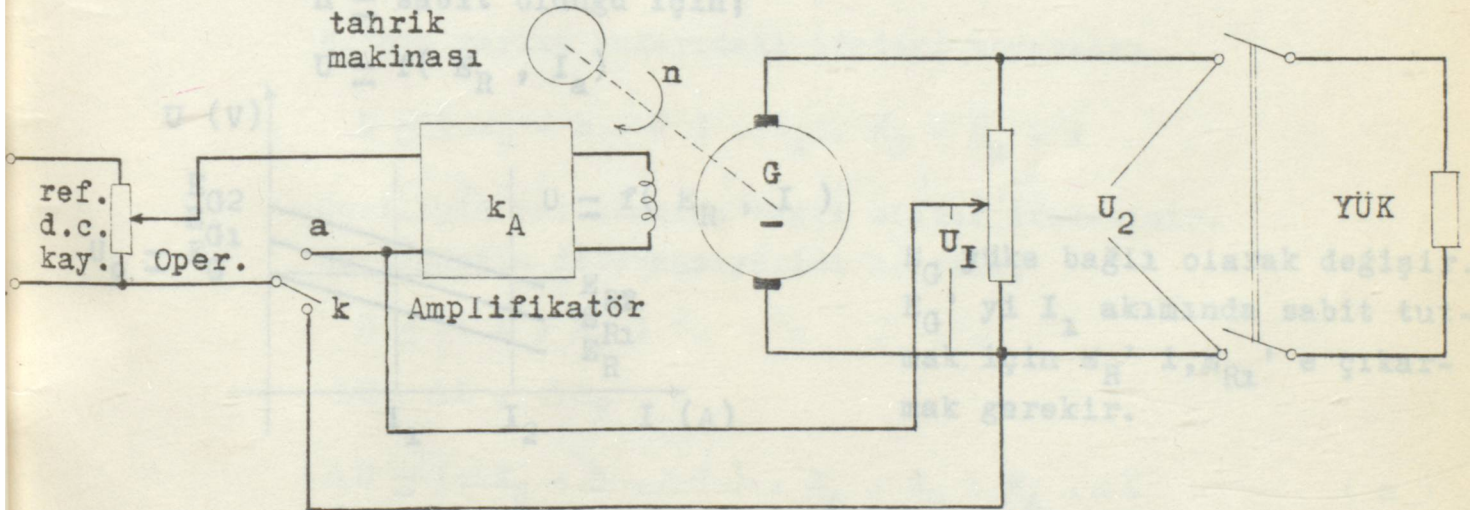
$$U = E_G - R_a \cdot I_a \quad k_G : \text{Generatör kazancı.}$$

Açık çevrim kontrol sisteminde devamlı olarak çıkışı kontrol etmek için devreye bir operatör ilave etmek gerekir.

$$K = k_A \cdot k_G \quad K : \text{Direkt transmisyon kazancı.}$$

Bu açık çevrim kontrol sistemini kapalı çevrim kontrol sistemine çevirmek istersek ;

4.2)-KAPALI ÇEVİRİM ELEMENTER GERİLİM KONTROL SİSTEMİ :



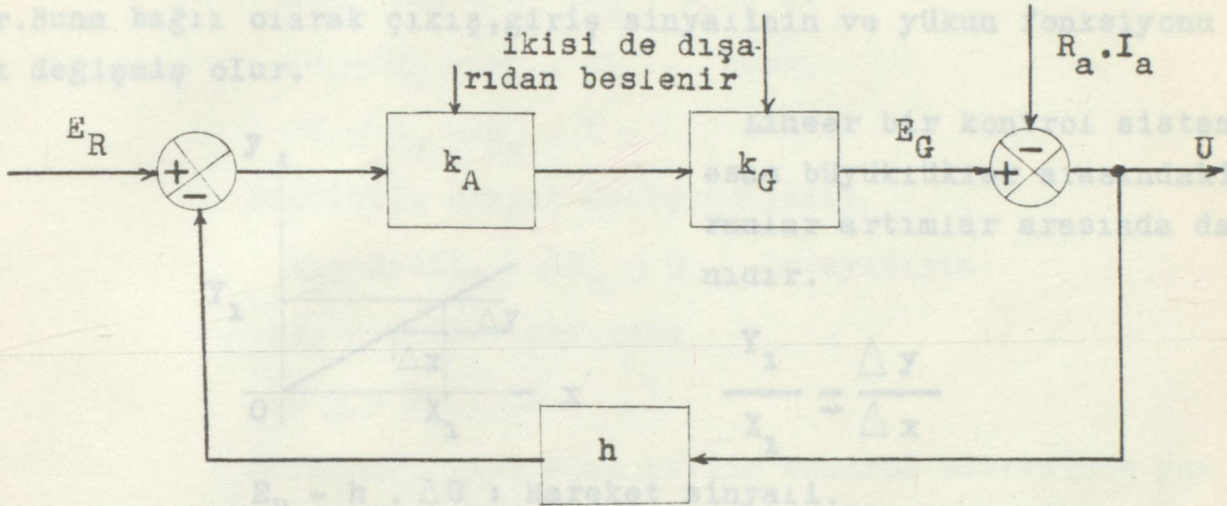
a' da açık, k' da kapalı çevrim kontrol sistemi oluşur.

$$h = \frac{U_I}{U_2}$$

$$h = \text{Amplifikasyon katsayısı} < 1$$

Kapalı çevrimde amplifikatöre giren sinyal artık hareket etmezdir. ($E_R = h \cdot U$)

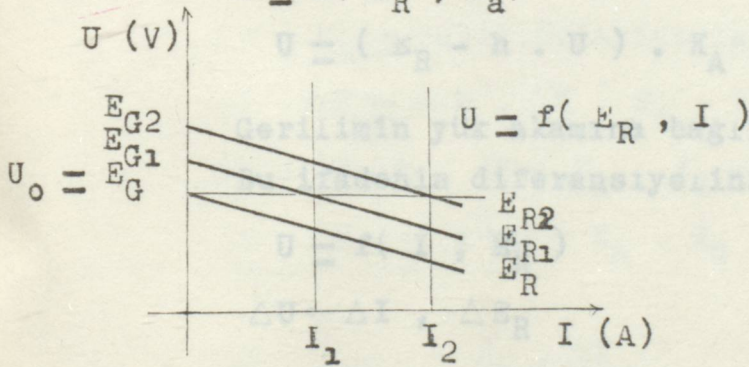
Kapalı çevrim sisteminin blok diyagramını çizerek olursak;



$$U = f(E_R, n, I_a)$$

n = sabit olduğu için;

$$U = f(E_R, I_a)$$



E_G yüke bağlı olarak değişir. E_G' yi I_1 akımında sabit tutmak için E_R' i, E_{R1}' e çıkarmak gerekir.

$$U = E_G - R_a \cdot I_a$$

$$I_a = I \text{ diyelim.}$$

$$E_G = U + R_a \cdot I$$

$$E_{G1} = U_0 + R_a \cdot I_1 = K \cdot E_{R1}$$

U_0, R_a, I_1, K bilindiğine göre E_{R1} hesaplanabilir.

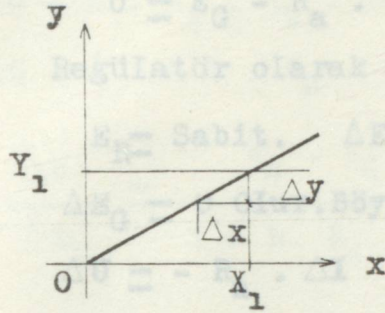
$$E_{G2} = U_0 + R_a \cdot I_2 = K \cdot E_{R2}$$

Kapalı çevrimde amplifikatöre giren sinyal artık hareket sinyalidir. ($E_R - h \cdot U$)

Kapalı Çevrim Blok Diyagramından Yararlanarak

Sürekli Rejim Etüdü :

En genel halde bir kontrol sisteminin giriş sinyali değişir. Buna bağlı olarak çıkış, giriş sinyalinin ve yükün fonksiyonu olarak değişmiş olur.



Lineer bir kontrol sisteminde esas büyüklükler arasındaki oranlar artırımlar arasında da aynıdır.

$$\frac{Y_1}{X_1} = \frac{\Delta y}{\Delta x}$$

$E_R - h \cdot \Delta U$: Hareket sinyali.

$$(E_R - h \cdot U) \cdot K_A \cdot K_G = E_G$$

$$U = E_G - R_a \cdot I$$

E_G 'nin yerine yukarıdaki ifadeyi koyarsak;

$$U = (E_R - h \cdot U) \cdot K_A \cdot K_G - R_a \cdot I$$

Gerilimin yük akamına bağlı olarak ifadesidir.

Bu ifadenin diferansiyelini alırsak;

$$U = f(I, E_R)$$

$$\Delta U \leftarrow \Delta I, \Delta E_R$$

$$\Delta U = (\Delta E_R - h \cdot \Delta U) \cdot K_A \cdot K_G - R_a \cdot \Delta I \quad (a)$$

Voltaaj regülatörü olarak kullanılırken E_R :sabit kabul edilecektir. Dolayısıyla;

$$\Delta E_R = 0 \text{ olacaktır.}$$

(a) ifadesi hem açık, hem de kapalı çevrim için kullanılabilir. Yani, sürekli rejim çalışma durumu için genel ifade.

Kapalı Açık çevrim kontrol sistemi için;

$\Delta I = h = 0$ dir. Bu yüzden ΔU şu şekilde düzenlenir:

$$\Delta U = \Delta E_R \cdot K_A \cdot K_G - R_a \cdot \Delta I$$

$$\Delta U = \Delta E_G - R_a \cdot \Delta I \text{ olur.}$$

$$U = E_G - R_a \cdot I$$

Regülatör olarak çalıştırırsak;

$$E_R = \text{Sabit. } \Delta E_R = 0 \text{ Dolayısıyla;}$$

$$\Delta E_G = 0 \text{ olur. Böylece;}$$

$$\Delta U = - R_a \cdot \Delta I$$

Görüldüğü gibi açık çevrim kontrol sisteminde yük akımının meydana getirdiği gerilim düşümü çok fazla olmaktadır.

Kapalı çevrim kontrol sistemi için;

Açık çevrim $h \ll 1$ dir. sisteminin kazancı:

Regülatör olarak çalıştırırsak;

$$E_R = \text{Sabit. Dolayısıyla } \Delta E_R = 0 \text{ dir.}$$

$$\Delta U = - h \cdot \Delta U \cdot K_A \cdot K_G - R_a \cdot \Delta I$$

$$\Delta U + h \cdot \Delta U \cdot K_A \cdot K_G = - R_a \cdot \Delta I$$

$$\Delta U \cdot (1 + h \cdot K_A \cdot K_G) = - R_a \cdot \Delta I$$

$$\Delta U = \frac{- R_a \cdot \Delta I}{1 + h \cdot K_A \cdot K_G}$$

$$\Delta U = \frac{- R_a \cdot \Delta I}{1 + h \cdot K}$$

ÖRNEK: Regülatör kazancı 2 A/V, generatör kazancı 100 V/A, seri besleme kazancı 0,5, yük direnci 1 Ω dir. Generatör beslenirken 250 V gerilim elde edilir. Bu durumda sistemin gerilim düşümü $K \gg 1$ ' den olduğundan, $\Delta U \approx 0$ olup, U : Sabit kabul edilir.

Kapalı çevrim kontrol sisteminin kazancı:

$$\Delta I = 0$$

$$\Delta U = (\Delta E_R - h \cdot \Delta U) \cdot K_A \cdot K_G$$

$$\Delta U = \Delta E_R \cdot K_A \cdot K_G - h \cdot K_A \cdot K_G \cdot \Delta U$$

$$\Delta U + h \cdot K_A \cdot K_G \cdot \Delta U = \Delta E_R \cdot K_A \cdot K_G$$

$$\Delta U \cdot (1 + h \cdot K_A \cdot K_G) = \Delta E_R \cdot K_A \cdot K_G$$

$$\frac{\Delta U}{\Delta E_R} = \frac{K_A \cdot K_G}{1 + h \cdot K_A \cdot K_G}$$

$$\frac{\Delta U}{\Delta E_R} = \frac{K}{1 + h \cdot K}$$

Açık çevrim kontrol sisteminin kazancı:

$h = 0$ olacaktır.

$$\Delta U = \Delta E_R \cdot K_A \cdot K_G - R_a \cdot \Delta I$$

$$\Delta I = 0$$

$$\Delta U = \Delta E_R \cdot K_A \cdot K_G$$

$$\frac{\Delta U}{\Delta E_R} = \frac{K_A \cdot K_G}{1}$$

$$\frac{\Delta U}{\Delta E_R} = K$$

ÖRNEK : Amplifikatör kazancı 2 A/V , generatör kazancı 100 V/A

geri besleme kazancı 0,5 , generatör iç direnci 1 Ω ' dur. Generatör boşa çalışırken 250 V ' luk bir gerilim elde etmek için sistemin girişine uy-

gulanması gereken referans girişini ve $I = 40 \text{ A}$ ' lık bir yük akımının meydana getirdiği gerilim düşümünü;

a) Açık çevrim kontrol sistemi için,

b) Kapalı "çevrim kontrol sistemi"ni hesaplayınız?

$$K_A = 2 \text{ A/V}$$

$$K_G = 100 \text{ V/A}$$

$$h = 0,5$$

$$R_a = 1 \Omega$$

$$U_o = E_G = 250 \text{ V}, \quad I = 40 \text{ A}$$

$$a) U_o = E_G = E_R \cdot K_A \cdot K_G$$

$$E_R = \frac{E_G}{K_A \cdot K_G} = \frac{250}{2 \cdot 100} = 1,25 \text{ V ' tur.}$$

$$\Delta U = - R_a \cdot \Delta I = - 1 \cdot 40 = - 40 \text{ V ' tur.}$$

$$U = E_G - R_a \cdot \Delta I = 250 - 1 \cdot 40 = 210 \text{ V olur.}$$

$$b) U_o = E_G = (E_R - h \cdot U_o) \cdot K_A \cdot K_G$$

$$250 = (E_R - 0,5 \cdot 250) \cdot 2 \cdot 100$$

Buradan,

$$E_R = 126,25 \text{ V çıkar.}$$

$$\Delta U = \frac{- R_a \cdot \Delta I}{1 + h \cdot K_A \cdot K_G} = \frac{- 1 \cdot 40}{1 + 0,5 \cdot 2 \cdot 100} = - 0,396 \text{ V}$$

$$U = U_o + \Delta U = 250 - 0,396 = 249,604 \text{ V olur.}$$

4.3) KAPALI ÇEVİRİM KONTROL SİSTEMLERİNİN FAYDA

ve MAHSURLARI :

Faydaları:

I)Kapalı çevrim kontrol sistemi haline getirilince,çıkıştaki hata K defa küçülür. E_R , sabit ise çıkış takriben sabittir.Yani sistem regülatör olarak çalışabilir.Açık çevrimde çalışması için sisteme operatör konulur.

II)Kapalı çevrim kontrol sisteminde cevap verme süresi K defa daha küçüktür.Açık çevrim kontrol sisteminde cevap verme süresi t ise ,kapalı çevrim kontrol sisteminde t/K dır.Yani çok daha duyarlıdır.

III)Kapalı çevrim kontrol sisteminde ayar alanı,açık çevrim kontrol sistemine nazaran K defa daha büyüktür.Geniş bir a~~l~~am içerisinde sıhhatli ayar imkânı vardır.

Mahsurları:

I)Sistemin toplam kazancı,açık çevrim sistemine nazaran $(1 + h \cdot K)$ defa daha küçüktür.

II)Osilasyon yapmaya son derece müsaittir.Ancak osilasyonu önleme imkânı vardır.

III)Kapalı çevrim kontrol sistemi pahalıdır.

Yine de otomatik kontrol sistemlerinin büyük bir bölümünde kapalı çevrim kontrol sistemleri kullanılır.Tahrik sistemlerinde ise açık çevrim kontrol sistemlerine raslamak daha mümkün.

5)ALTERNATİF AKIM JENERATÖRLERİ :

5.1) SENKRON GENERATÖRLERDE GERİLİM DEĞİŞİMİ ve KONTROLÜ :

Yalnız başına çalışan senkron generatörlerin uç gerilimi, özellikle endüktif bir yük ile yüklendiğinde çok azalır. Senkron makina, kapasitif olarak yüklendiğinde, endüktif yüklenmenin tersine, uç gerilimi yükselir. Halbuki, elektrik enerjisi alıcılar oldukça sabit değerde bir gerilimle çalışırlar. Bu bakımdan, elektrik enerjisi üreten senkron makinaların ya da bunların beslediği elektrik şebekeleri gerilimlerinin fazla değişmemesi istenir.

Senkron generatörün uyarma akımı sabit kalırsa, makinanın yapısından oturu, stator yük akımı ile uç gerilimi değişecektir. O halde, uç geriliminin, değişken yük akımı ile sabit kalması istendiğinde, uyarma akımını ayarlamak gerekir. Böyle bir ayar, rotor uyarma sargısına seri olarak bağlanan bir reostanın direncini değiştirmek yolu ile yapılabilir gibi, otomatik olarak da yapılır. Bu gün gerilimin sabit tutulması genellikle otomatik olarak gerilim regülatörleri ile yapılmaktadır.

"Otomatik gerilim regülatörlerinde genellikle generatörün değişken uç gerilimi ölçülür; bu gerilim doğrultulur ve sonra bir referans gerilim kaynağı ile karşılaştırılır. Fark gerilim, bir amplifikatör yardımı ile büyütülür. Amplifikatörler ya tranzistorlerden, ya magnetik amplifikatörlerden ya thyristorlerden ya da dönen makinalardan alındı, rototrolardan oluşur."

Fark gerilime bağlı olarak, uyarma akımı, uç gerilimi istenilen sabit değere gelinceye kadar değiştirilir. Böyle bir kontrol işlemi geri besleme yardımı (feedback) ile yapılır. Bundan başka, kontaklı regülatörler de vardır. Bu regülatörlerde de generatörün uç gerilimi değiştiğinde uyarma devresindeki bir direnç ayarlanarak uç gerilimi eski sabit değerine getirilir. Senkron generatöre birdenbire endüktif karak-

terde olan bir yük uygulandığında bir geçici olay olur ve bu olayın sönmesi sonunda makina sürekli çalışma haline döner. Uyarma akımı sabit kaldığından uç gerilimi düşer. Otomatik gerilim regülatörü, geçici olayda uç gerilimin değişimini, referans kaynak ile kıyaslar ve uyarma gerilimini ya da akımını değiştirerek uç gerilimini, sabit değerine getirir. Sürekli çalışmada, regülatör uç gerilimini tam tamına istenilen değerine getiremez, belli bir hata yapar. Duyar regülatörlerin bağlı duyarlılığı $\pm 0,5-2$ mertebesinde dir. Regülatörün, makinanın uç gerilimini sabit değere getirmesi için geçen zaman (respons zamanı) hızlı regülatörlerde 300 ya da 500 ms kadardır. Senkron makinanın kullanılıma amacına göre regülatörün zaman sabiti büyük ya da küçük seçilir.

Uyarma akımı uyarma generatörü yardımı ile sağlanan makinelerde, uyarma generatörünün zaman sabiti nedeni ile, sistemin respons zamanı daha büyük olur. Buna karşılık, uyarma akımı statik yarı iletken redresör yardımı ile sağlanan senkron generatörlerde ise respons zamanı daha küçük olur.

Regülatörsüz bir senkron generatörün gerilim düşümü hakkında bilimsel şartnamelerde bazı sınırlamalar vardır. Örneğin Alman VDE şartnamesine göre $\cos \varphi = 0,8$ endüktif yük için uç gerilimi, boştaki gerilimin %50' sinden aşağı düşmemelidir. Gerilim değişimi,

$$\Delta v = \frac{E_{fd} - V_{a,n}}{V_{a,n}}$$

olarak tanımlanır.

Birli bu uyarma düzenine birer örnek verilmiş ve bu örnekler yardımı ile gerilim regülatörlerinin çalışmasını açıklanmıştır.

5.2) SENKRON GENERATÖRLERDE UÇ GERİLİMİNİN OTOMATİK

OLARAK KONTROLÜ :

Bu ayırtta önce senkron makinaların uyarma düzenleri açıklanacak ve sonra da bu uyarma düzenleri ve regülatörler yardımı ile uç geriliminin sabit tutulması konusu ele alınacaktır. Senkron makinalarda rotor uyarma alanı ve rotor uyarma sargısı doğru gerilimi aşağıdaki gibi düzenler ile sağlanır.

1) Senkron makinanın mili üzerine bir doğru akım şönt generatörü bağlanır. Bu generatöre senkron makinanın uyarma generatörü denir. Şönt generatörün uç gerilimi senkron makinanın uyarma sargısına uygulanır ve böylece rotor uyarma sargısı doğru gerilimi ve akımı elde edilmiş olur.

2) Senkron makinanın mili üzerinde uyarma generatörü yoktur; makinanın uyarma gerilimi, ya var olan bir doğru akım kaynağından ya da makinanın uçlarına bağlanan veya başka a.c. kaynağına bağlanan yarı iletken redresörlerle a.c. gerilim doğrultularak elde edilir ve uyarma sargısına verilir. "Uyarma gerilimini kendi uçlarına bağlanan redresörler yardımı ile sağlayan senkron makina kendi kendini uyaran makina denir."

3) Senkron generatörün mili üzerine küçük üç fazlı senkron generatör (uyarma generatörü) bağlanır ve bundan elde edilen gerilim doğrultularak uyarma sargısına uygulanır. "Fırçasız generatörler."

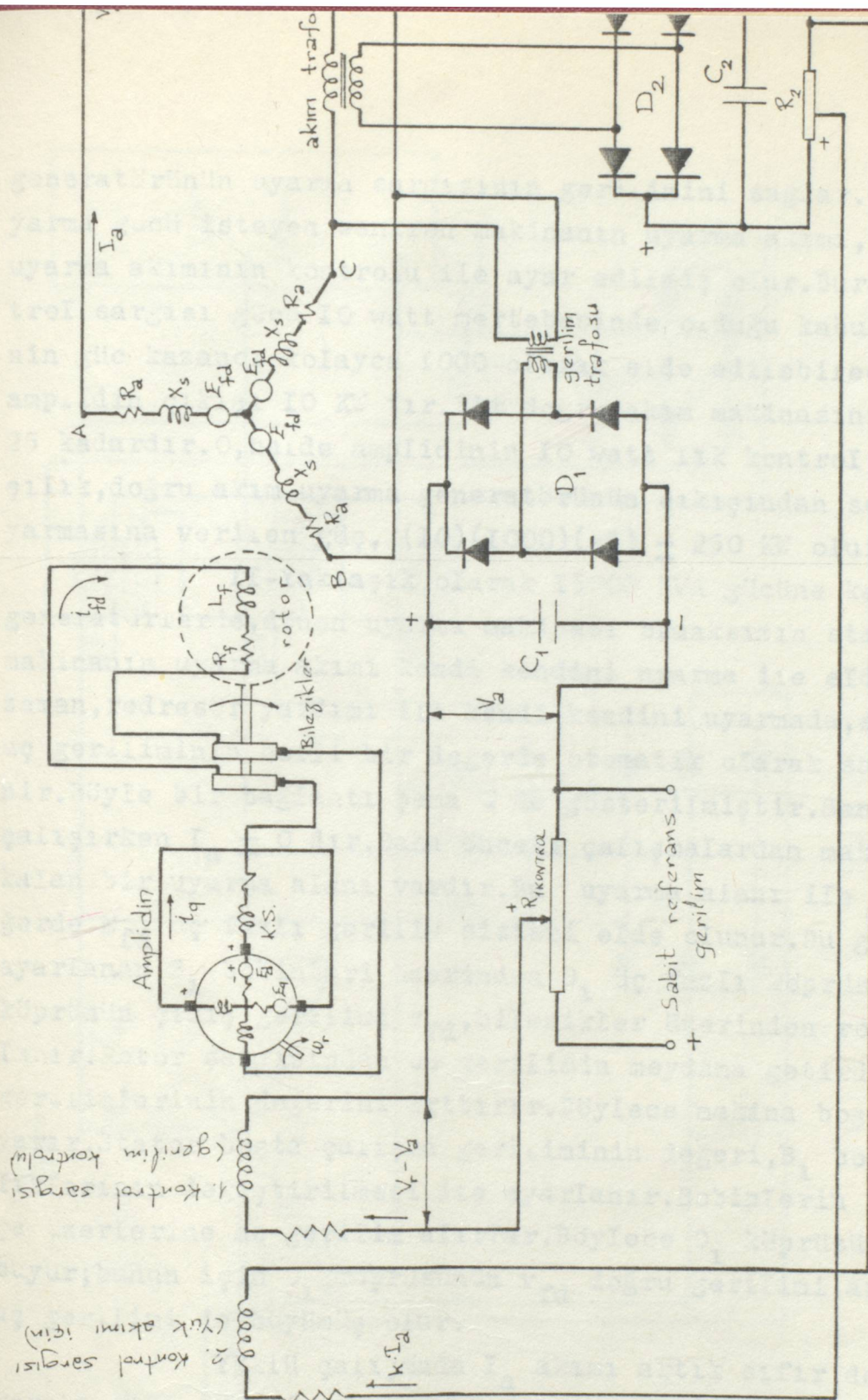
4) Küçük makinaların rotoru sargısız olmak üzere daimi mıknatıslı yapılır.

Şimdi hem bu uyarma düzenlerine birer örnek verelim ve hem de bu örnekler yardımı ile gerilim regülatörlerinin çalışmasını açıklayalım.

I-Mil üzerinde uyarma generatörü bulunan ve bu generatör yardımı ile uyarma akımını sağlayan bir senkron generatörün bağlantısı Şema II'de gösterilmiştir. Şemada generatörün uyarma akımı bir amplitudin yardımı ile sağlanmaktadır. Amplitudin iki kontrol sargısıdır. Bu kontrol sargıları aynı yönde çalışmaktadır. Generatörün gerilimi bir gerilim düşürücü transformatorle küçültülür ve sonra bir yarı iletken köprü bağlantısındaki redresörle doğrultulur. Bu gerilim, kendisinden değerce "her zaman büyük olan bir referans gerilimi ile karşılaştırılır". Fark gerilim amplitudinin kontrol sargısına uygulanır. Amplitudinin kompensasyon sargısı uygun büyüklükte hesaplanarak hem amplitudinin rotor akımlarının ters etkisi bastırılır ve hem de geçici olaylarda stabilite sağlanır. Generatörün çıkış geriliminin sabit kalmasını fiziksel olarak şöyle açıklayabiliriz:

Generatörün geriliminin yükseldiğini kabul edelim; D_1 köprüsünün çıkışı artar: $V_R - V_a$ farkı küçülür. Amplitudinin birinci kontrol sargısı akımı azalır, bunun sonucunda amplitudinin E_d endüklenen gerilimi ve i_{fd} çıkış akımı azalır. Generatörün uyarma akımı azaldığından E_{fd} gerilimi azalır. Böylece sistem artan gerilimi küçültmeye çalışır. Buna karşılık senkron makinanın çıkış gerilimi azalırsa, D_1 köprüsünün çıkışı V_a azalır, $V_R - V_a$ artar ve bunun sonunda amplitudinin birinci kontrol sargısı akımı artar, amplitudinin çıkış akımı i_{fd} artacağından senkron generatörün yük akımı ile meydana gelen uç gerilimi değişmesini kompanse eder. 2. kontrol sargısı 1. kontrol sargısı ile aynı yönde çalışır.

Bu sistemde lineerleştirme yaparak toplam transfer fonksiyonunu bulmak mümkündür. $V_R - V_a$ fark gerilimi bir ya da iki kolunda zener diyodu bulunan dirençli bir köprüden elde edilebilir. $V_R - V_a$ fark gerilimi örneğimizde dönen bir güç amplifikatörü olan amplitudin ile sağlanmıştır. Bunun yerine tranzistor ya da thyristorlu güç amplifikatörü kullanılabilir. Çok büyük senkron makinalarda (örneğin 40000 KVA'nın üstünde olan makinalarda) amplitudin, aynı mil üzerinde bağlı olan doğru akım uyarma generatörünün ikazını besler. Uyarma generatörünün rotoru ise, senkron



Şema II: Motor
uyarma gerilimini
empridinden elde e-
den ve uç gerilimi
sabit tutulan bir
senkron generatörün
bağlantı şeması.

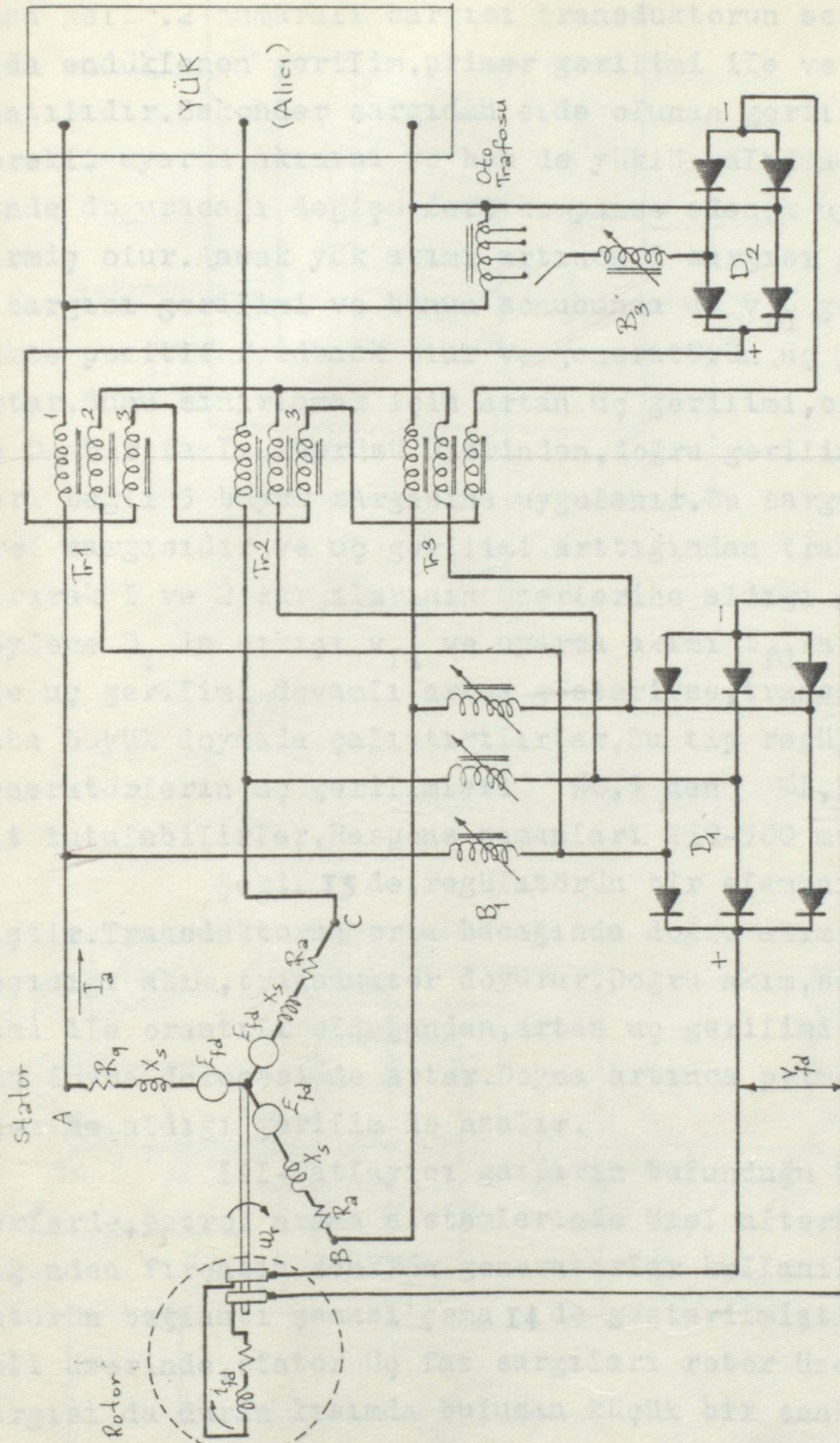
C_1 ve C_2 kondansatörler çıkış gerilimini sızdırmak içindir:

$$V_R > V_a \text{ dir.}$$

generatörünün uyarma sargısının gerilimini sağlar. Böylece, çok büyük uyarma gücü isteyen senkron makinanın uyarma akımı, ampirdinin çok küçük uyarma akımının kontrolü ile ayar edilmiş olur. Burada ampirdinin kontrol sargısı gücü 10 watt mertebesinde olduğu kabul ediliirse, ampirdinin güç kazancı kolayca 1000 olarak elde edilebileceği düşüncesi ile ampirdin çıkışı 10 KW tır. Bir doğru akım makinasının güç kazancı ise 25 kadardır. O, haide ampirdinin 10 watt ılık kontrol sargısı gücüne karşılık, doğru akım uyarma generatörünün çıkışından senkron makinanın uyarmasına verilen güç, $(10)(1000)(25) = 250 \text{ KW}$ olur.

II-Yaklaşık olarak 15000 KVA gücüne kadar olan senkron generatörlerde, dönen uyarma makinası olmaksızın statik redresörlerle makinanın uyarma akımı kendi kendini uyarma ile elde edilebilir. Çoğu zaman, redresör yardımı ile kendi kendini uyardı, senkron generatörün uç geriliminin belli bir değerde otomatik olarak sabit tutulması istenir. Böyle bir bağlantı şema 2 de gösterilmiştir. Senkron makina boşta çalışırken $I_a = 0$ dir. Daha önceki çalışmalardan makinanın rotorunda kalan bir uyarma alanı vardır. Bu uyarma alanı ile statorda küçük değerde E_{fd} üç fazlı gerilim sistemi elde olunur. Bu gerilim, hava aralığı ayarlanan B_1 bobinleri üzerinden D_1 üç fazlı köprüsüne uygulanır. Bu köprünün çıkış gerilimi v_{fd} , bilezikler üzerinden rotor sargısına uygulanır. Rotor sargısından bu gerilimin meydana getirdiği akım, stator E_{df} gerilimlerinin değerini arttırır. Böylece makina boşta kendi kendini uyarır. Stator boşta çalışma geriliminin değeri, B_1 bobinlerinin hava aralıklarının değiştirilmesi ile ayarlanır. Bobinlerin hava aralığı arttıkça üzerlerine az gerilim alırlar. Böylece D_1 köprüsüne uygulanan gerilim büyür; bunun için D_1 köprüsünün v_{fd} doğru gerilimi artacağından stator uç gerilimi de büyümüş olur.

Yükli çalışmada I_a akımı artık sıfır değildir. I_a akımının karakterine göre (omik, endüktif, kapasitif) senkron generatörünün uç gerilimi değişir. Yük akımının uç geriliminde meydana getireceği değişimleri karşılamak için $Tr1$, $Tr2$, ve $Tr3$ transduktörleri kullanılır. Bu transduktörlerin 1 numaralı sargısında I_a akımı ile orantılı bir gerilim mey-

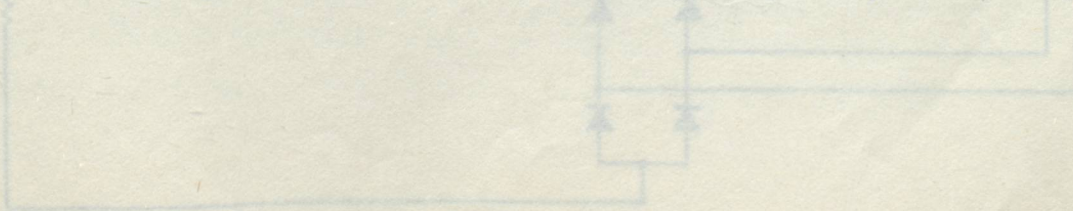


Şema 12: Kendi kendini redresör yardımı ile uyaran ve uç gerilimini otomatik olarak kontrol eden regülatörlü senkron makina.

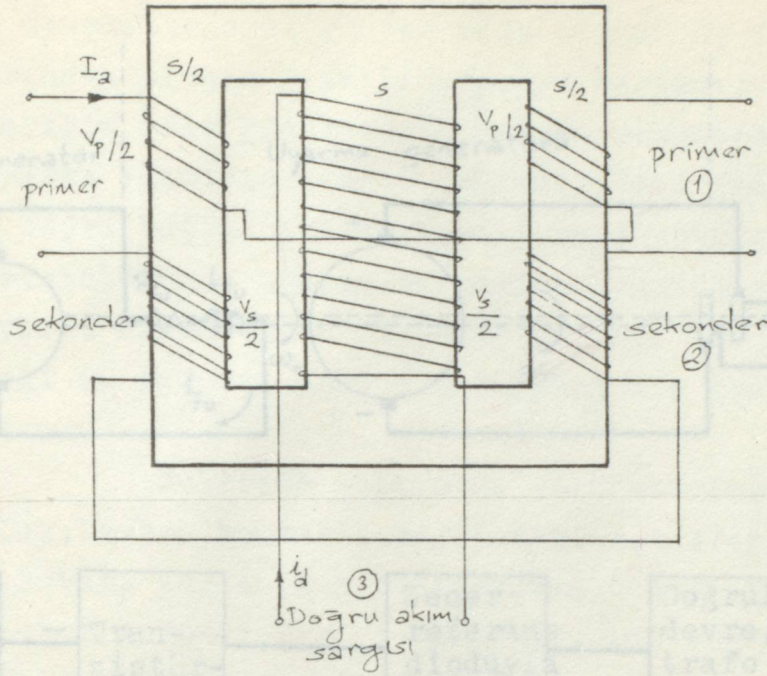
dana gelir. 2 numaralı sargısı transduktorun sekonder sargısıdır. Bu sargıda endüklenen gerilim, primer gerilimi ile ve böylece I_a akımı ile orantılıdır. Sekonder sargıdan elde olunan gerilim, hem boşa çalışmada gerekli uyarma akımını ve hem de yüklü çalışmada I_a akımının uç geriliminde doğuracağı değişimleri kompanse edecek uyarma akımını meydana getirmiş olur. Ancak yük akımı artınca 1 sargısı gerilimi, buna bağlı olarak 2 sargısı gerilimi ve bunun sonucunda da v_{fd} gerilimi artar; sabit bir yükte pozitif feedback olur ve generatörün uç gerilimi sürekli olarak artar. Bunu sınırlamak için artan uç gerilimi, ototrafo, B_2 ayarlı bobini ve D_2 bir fazlı köprüsü üzerinden, doğru gerilim olarak transduktorların seri bağlı 3 büyük sargısına uygulanır. Bu sargılar transduktorların kontrol sargısıdır ve uç gerilimi arttığından transduktor çekirdeğini doyurarak 1 ve 2 sargılarının üzerlerine aldığı gerilimleri sınırlar ve böylece D_1 in çıkışı v_{fd} ve uyarma akımı i_{fd} artmaz. O halde, yük akımı ile uç gerilimi devamlı artma gösterirse, transduktorlar otomatik olarak daha büyük doymada çalıştırılırlar. Bu tip regülatörlerle çalışan senkron generatörlerin uç gerilimleri %0,5 den %1,5 bağlı duyarlılığı ile sabit tutulabilirler. Respons zamanları 250-500 ms kadardır.

Şekil 13 de, regülatörün bir elemanı olan transduktor gösterilmiştir. Transduktorun orta bacağında doğru akım sargısı vardır. Bu sargıya taşıdığı akım, transduktor doyurur. Doğru akım, senkron generatörün uç gerilimi ile orantılı olduğundan, artan uç gerilimi ile transduktor çekirdeğinin doyma derecesi de artar. Doyma artınca primer ve sekonder sargılarını üzerine aldığı gerilim de azalır.

III-Patlayıcı gazların bulunduğu bir ortamda, çok rutubetli yerlerde, petrol arama sistemlerinde özel alternatif akım kaynağı gerektiğinden fırçasız senkron generatörler kullanılır. Fırçasız senkron generatörün bağlantı şeması şema 14 de gösterilmiştir. Fırçasız generatörün milii üzerinde, stator üç faz sargıları rotor üzerinde ve rotor uyarma sargısı da duran kısımda bulunan küçük bir senkron generatör vardır. Bu generatör asıl generatörün uyarma akımını sağlar. Şema 4 de g ile belir-



Şema 14: Fırçasız generatörün bağlantı şeması.

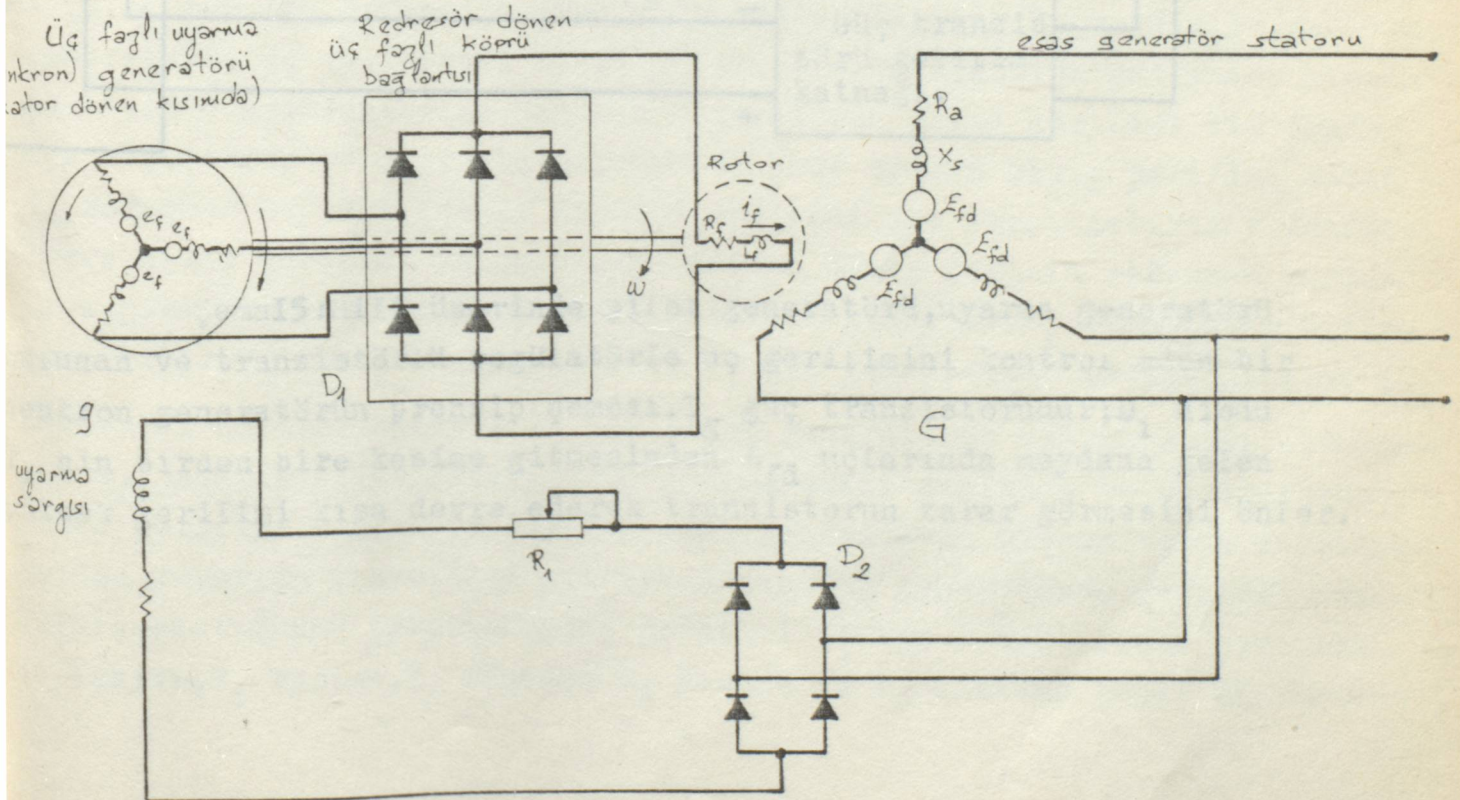


(a)

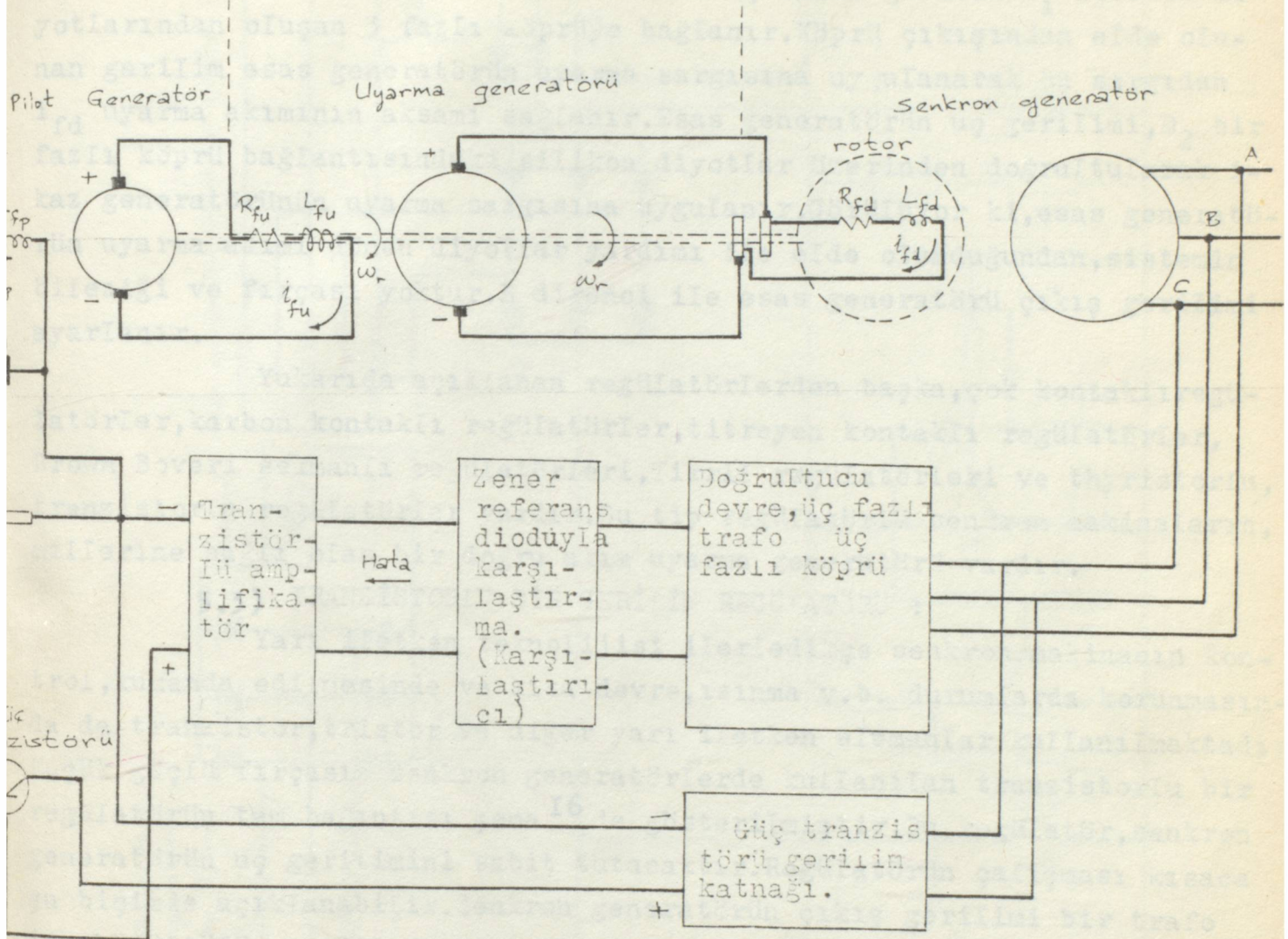
(b)

Şema 13: (a) Kendi kendini uyaran, regülatörlü senkron makinenin bir transdükörünün yapılışı.

(b) Transdükör çekirdeği permeabilitesinin doğru akım sargısı akımı ile değişimi.



Şema 14: Fırçasız generatörün bağlantı şeması.



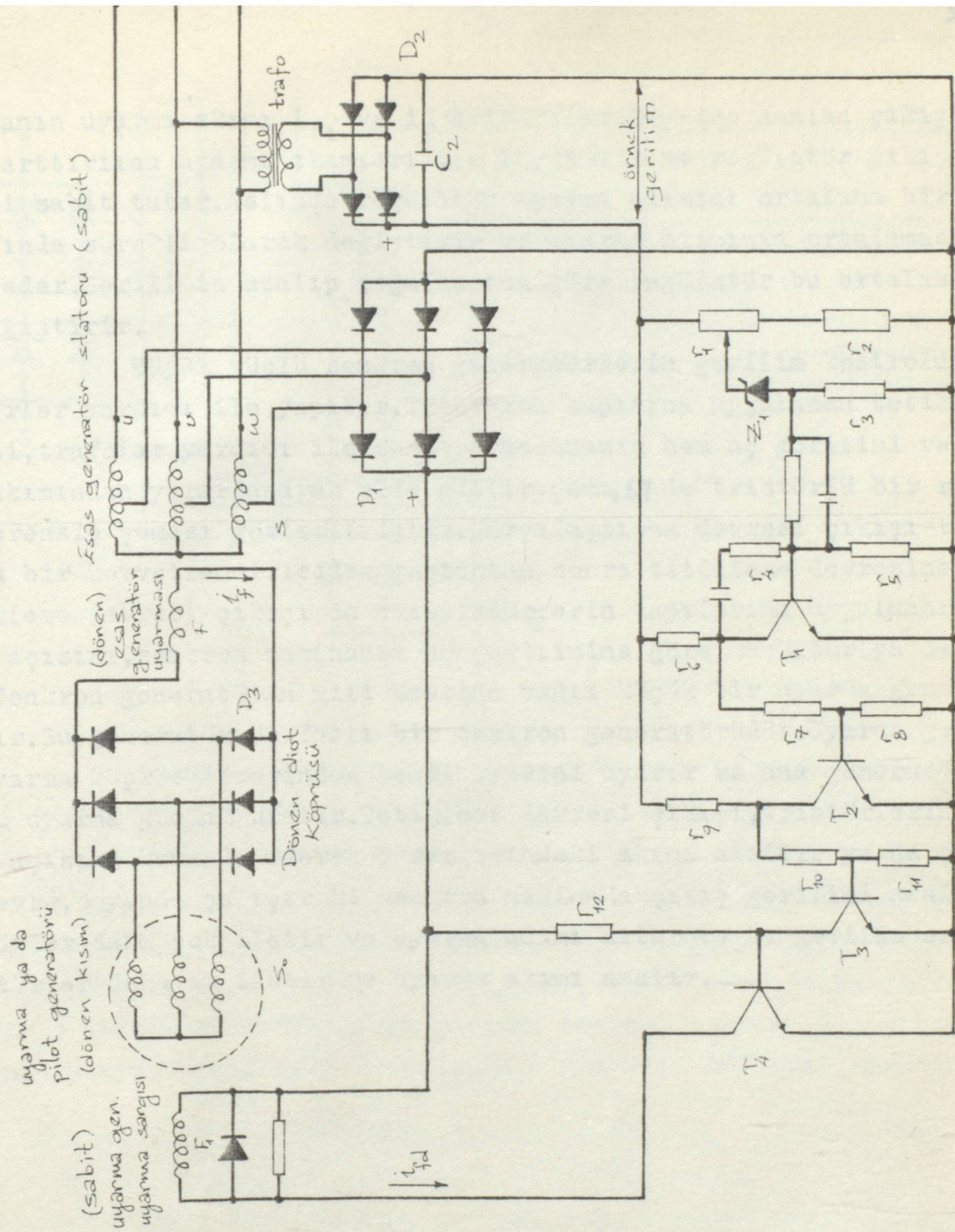
Şema 15: Milli üzerinde pilot generatörü, uyarma generatörü bulunan ve tranzistörlü regülatörle uç gerilimini kontrol eden bir senkron generatörün prensip şeması. T_g güç tranzistörüdür; D_1 diodu T_g nin biraden bire kesime gitmesinden L_{fd} uçlarında meydana gelen yüksek gerilimi kısa devre ederek tranzistörün zarar görmesini önler.

İenen uyarma generatöründen elde olunan üç fazlı gerilim D_1 silikon di-yotlarından oluşan 3 fazlı köprüye bağlanır. Köprü çıkışından elde olu-nan gerilim esas generatörün uyarma sargısına uygulanarak bu sargıdan i_{fd} uyarma akımının aksami sağlanır. Esas generatörün uç gerilimi, D_2 bir fazlı köprü bağlantısındaki silikon di-yotlar üzerinden doğrultularak i-kaz generatörünün uyarma sargısına uygulanır. Görülüyor ki, esas generatö-rün uyarma akımı dönen di-yotlar yardımı ile elde olunduğundan, sistemin bileziği ve fırçası yoktur. R direnci ile esas generatörü çıkış gerilimi ayarlanır.

Yukarıda açıklanan regülatörlerden başka, çok kontaklı regü-latörler, karbon kontaklı regülatörler, titreyen kontaklı regülatörler, Brown Boveri sekmanlı regülatörleri, Tirril regülatörleri ve thyristorlu, tranzistorlu regülatörler vardır. Bu tip regülatörli senkron makinaların, millerine bağlı olan bir doğru akım uyarma generatörü vardır.

5.3) TRANZİSTORLU BİR GERİLİM REGÜLATÖRÜ :

Yarı iletken teknoloijisi ilerledikçe senkron makinanın kon-trol, kumanda edilmesinde ve kısa devre, ısınma v.b. durumlarda korunmasın-da da tranzistor, tristor ve diğer yarı iletken elemanlar kullanılmaktadır. Küçük güçlü fırçasız senkron generatörlerde kullanılan tranzistorlu bir regülatörün tam bağlantısı şema ¹⁶ de gösterilmiştir. Bu regülatör, senkron generatörün uç gerilimini sabit tutacaktır. Regülatörün çalışması kısaca şu biçimde açıklanabilir. Senkron generatörün çıkış gerilimi bir trafo ile küçültülür ve doğrultulur, süzülür elde olunan çıkış gerilimi sabit Z_1 referans kaynağı (zener di-yodu) gerilimi ile karşılaştırılır. Genera-törün çıkış gerilimi ya da bundan alınan örnek gerilim referans kayna-ğına göre büyükse (x) noktasının gerilimi yükselir. T_1 tranzistörü ile-time geçer, T_2 kesime T_3 iletime ve T_4 güç tranzistörü kesime giderek i_{f1} kollektör akımını azaltır. Bu ise pilot generatörün uyarma akımı olduğun-dan i_{f1} azalır. Pilot generatörün uyarma akımı azalınca bu generatörün çıkış gerilimi azalır ve böylece esas generatörün uyarma akımı azalaca-ğından yukarıda yükseldiği açıklanan senkron generatörün gerilimi azal-tılmış olur. Bunun tersine çıkış gerilimi azalsa x noktasının gerilimi de azalır, T_1 kesime, T_2 iletime T_3 kesime ve T_4 iletime geçer ki, senkron

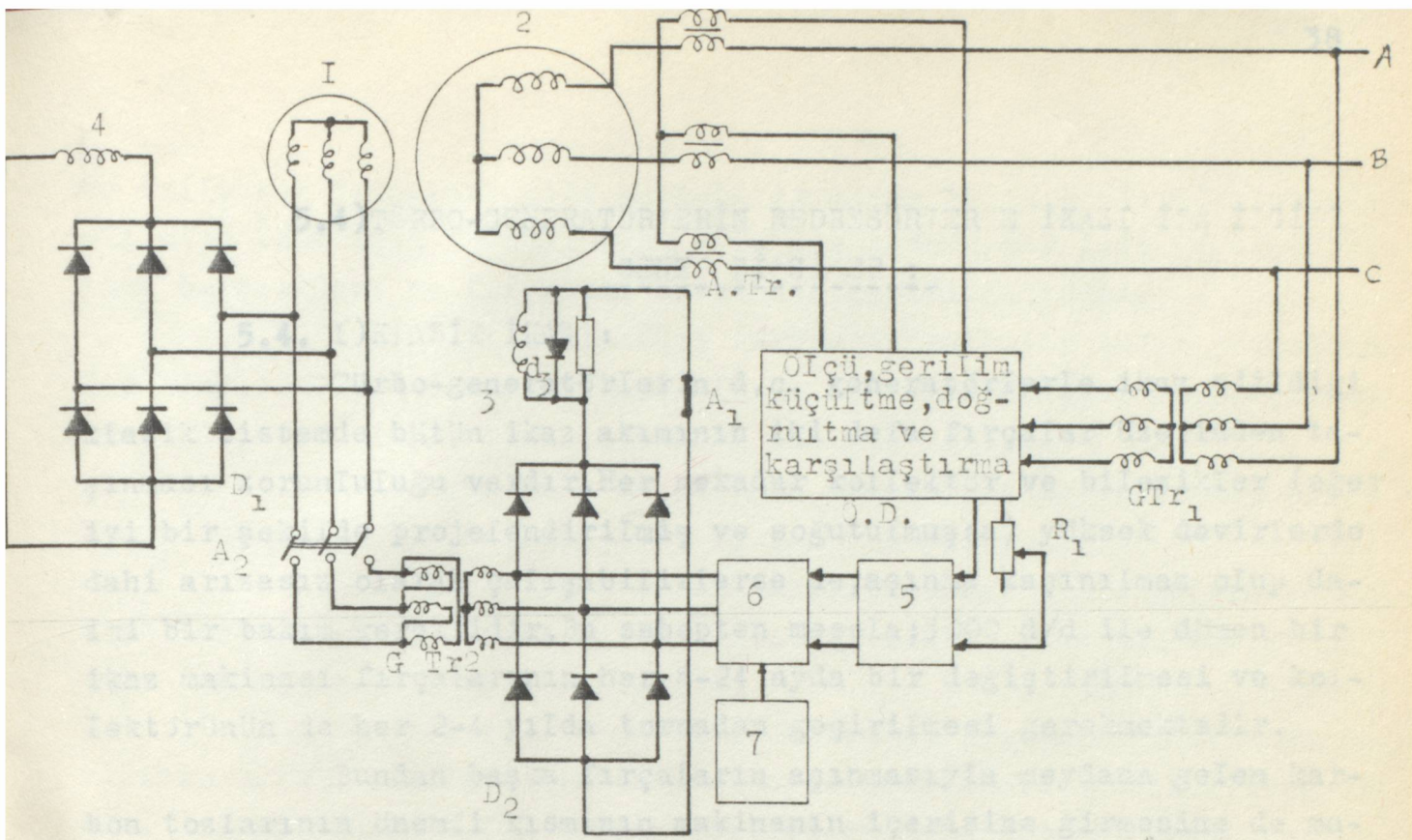


Şema 16: Fırçasız senkron generatör için tranzistörlü bir gerilim regülatörü. F_1 pilot generatörü uyarma sargısı, S_0 pilot generatörü statoru, F esas generatör uyarma sargısı, S esas generatör stator sargısı, trafo ve D_2 örnek alma devresi, D_1 uyarma güç kaynağı. Z_1 Zener diodu, T_1, T_2, T_3, T_4 ön kuvvetlendirici tranzistörler ve güç tranzistörü.

makinanın uyarma akımı i_{f1} ve i_f arttırılır. Böylece azalan çıkış gerilimi, arttırılan uyarma akımları ile büyütülür ve regülatör çıkış gerilimini sabit tutar. Aslında regülatör uyarma akımını ortalama bir değer etrafında sürekli olarak değiştirir ve uyarmar akımının ortalamasını kontrol eder. Gerilimin azalıp çoğalmasına göre regülatör bu ortalama değeri değiştirir.

Büyük güçlü senkron generatörlerin gerilim kontrolü ise tristörler yardımı ile yapılır. Tristörün kapısına uygulanan tetikleme işareti, trafolar yardımı ile senkron makinanın hem uç gerilimi ve hem de yük akımından yararlanarak elde edilir. Şema, 17 de tristörlü bir regülatörün prensip şeması gösterilmiştir. Kargılaştırma devresi çıkışı tranzistörlü bir kuvvetlendiriciden geçtikten sonra tetikleme devresine girer. Tetikleme devresi çıkışı da tranzistörlerin kapılarına uygulanarak tetikleme açısını, senkron makinanın uç gerilimine göre küçültür ya da büyütür. Senkron generatörün mili üzerine bağlı küçük bir uyarma generatörü vardır. Bu generatör üç fazlı bir senkron generatörüdür. Uyarma generatörü uyarma köprüsü üzerinden kendi kendini uyarır ve ana generatörün gerekli uyarma gücünü üretir. Tetikleme devresi çıkışı, tristörlerin tetikleme açısına kumanda ederek 3 sargısındaki akımı azaltır ya da çoğaltır. Bu devre, o yönde çalışır ki senkron makinada çıkış gerilimi azalınca tristörler daha çok iletir ve uyarma akımı artar ve bu gerilim artarsa tristörler daha az iletir ve uyarma akımı azalır.

(1) ana generatör uyarma sargısı; (2) tetikleme trafosu; (3) çıkış geriliminin ayarına göre kumanda; (4) uyarmayı sağlayan generatör.



Şema 17: Büyük senkron generatörlerde gerilim kontrolü için tristörlü bir regülatör (1) Pilot senkron generatör (uyarma generatörü) (2) Esas senkron generatör statoru (3) Esas generatör uyarma sargısı (4) Pilot generatör uyarma sargısı (Ö.D.) Ölçü, gerilim küçültme ve doğrultma karşılaştırma devresi (5) Tranzistörlü ön kuvvetlendirici (6) Tetikleme devresi (tranzistörlü ya da integre devre) (D₂) Üç fazlı yarı kontrolü tristör köprüsü (D₁) üç fazlı pilot generatör uyarma sargısı diot köprüsü (A_{Tr₁}), (GTr₁) akım ve gerilim trafoları. (GTr₂) esas generatör uyarma sargısı besleme trafosu. (7) çıkış geriliminin ayarı için elle kumanda, (A₂) uyarmayı kaldırma anahtarı.

5.4)TÜRBO-GENERATÖRLERİN REDRESÖRLERLE İKAZI İTİ İLGİLİ GENEL BİLGİLER :

5.4.1)KİASİK İKAZ :

Türbo-generatörlerin d.c. generatörlerle ikaz edildiği klasik sistemde bütün ikaz akımının iki defa fırçalar üzerinden taşınması zorunluluğu vardır. Her ne kadar kollektör ve bilezikler (eğer iyi bir şekilde projelendirilmiş ve soğutulmuşsa) yüksek devirlerde dahi arızasız olarak çalışabilirlerse de, aşınma kaçınılmaz olup daimi bir bakım gereklidir. Bu sebepten mesele; 3000 d/d ile dönen bir ikaz makinası fırçalarının her 8-24 ayda bir değiştirilmesi ve kollektörünün de her 2-4 yılda tornadan geçirilmesi gerekmektedir.

Bundan başka fırçaların aşınmasıyla meydana gelen karbon tozlarının önemli kısmının makinanın içerisine girmesine de mani olunmamaktadır. Doğru akım ikaz generatörlerinin diğer bir dezavantajı da güçlerinin devirle tehdit edilmiş olmasıdır. Mesele 3000 d/d ile dönen ikaz makinaları ancak 100 MVA'lık generatörler için imal edilebilmektedir. Daha yüksek güçler için devir düşürücü dişli tertibat gerekmektedir. Düşük devir daha yüksek bir zaman sabitesi verirse de kısa devre moment gerilimlerini alacak ölçüde ve devir düşürücü dişli tertibatıyla teçhiz edilmiş makinaların dahi hacimli ve daha pahalı olması kaçınılmazdır.

5.4.2)A.c. MAKİNALARI ve SİLİKON REDRESÖRLERLE İKAZ :

Doğru akım dinamları kullanılarak yapılan ikazın dezavantajları, ilk zamanlardan beri yeni metotlar bulunması için araştırmaların yapılmasını gerektirmiştir. Fakat gerek teknik ve gerekse ekonomik olarak en tatminkâr şekilde d.c. makinalarının yerini alabilecek tertip olan a.c. makinaları ve silikon redresörler kombinasyonun bulunuşu son yıllardaki gelişmelerle mümkün olmuştur. Kollektör

ve kolektör fırçaları gibi aşınabilir aksam bu sistemde elimine edilmiş olup ikaz için gerekli olan akım ise sadece bir defa generatör rotoru bilezikleri ve fırçaları üzerinden geçirilmektedir.

A.c. ikaz makinaları türbo-generatörler kadar güvenilir olup, 3000 d/d dönmeleri güç olarak bir tahdide tabi olmadığından devir düşürücü dişli tertibatına da ihtiyaç yoktur.

Yine aynı şekilde silikon redresörlerde de aşınım bahis konusu olmadığından herhangi bir bakıma ihtiyaç yoktur.

Eğer gücü uygun olarak seçilir, aşırı yüklenmelere ve aşırı voltaja karşı korunursa bu ikaz sistemi klasik ikaz teçhizatından daha dayanıklı ve güvenilirdir.

Kontrol edilmeyen silikon redresörlerde negatif ikaz tatbikinin mümkün olmadığı bir dezavantaj olarak ileri sürülebilirse de a.c. ikazının daha küçük zaman sabitesi ve daha süratli cevap verme kabiliyeti bu ufak dezavantajı kompanse eder.

Mukayeseli testler açıklıkla göstermiştir ki, ani yük düşmelerindeki voltaj yükselmesi redresörlerle ikazlı türbo-generatörlerde daha küçüktür.

Her ne kadar redresörlü ikaz sistemi her boydaki makinalara tatbik edilebilse de 100 MVA üzerindeki ünitelerde tatbiki avantajlıdır.

5.4.3.1) A.C. İKAZ MAKİNALARI :

A.c. ikaz makinası 4 kutuplu olup türbo-generatör shaftına direk akuple edilmiştir. Soğutma suyla çalışan havalı soğutucularla olur. 4 kutuplu olduğundan frekansı generatör frekansının iki katıdır. Stator sargıları bir ankoşa yerleştirilmiş iki sarımlı ve B sınıfı izoleli bara şeklindedir. Rotor ise ufak çaptaki kendi imalatımız olan türbo-generatör rotorlarının benzeri olup damper sargısı ile teçhiz edilmiştir.

Saha sargısı ise yine kendi imalatımız olan türbo-generatörde olduğu gibi herbir kutup için üç oluk olarak sarılmıştır.

5.4.3.2) REDRESÖR DEVRESİ :

8 no'lu şemada da görülebileceği gibi diotlar 3 eşit grupta konulmuştur. Herbiri köprü bağlantılı olup, müstakilen devreye alınıp çıkartılabilirler.

Normal işletmede diotların müstakil cebri soğutması vardır. Bu şartlar altında 2 gurubun kapasitesi tam yükte çalışmaya kfiyet eder. Soğutma fanlarının arızalanması halinde techizat tabii soğutma ile tam ikazlı verilebilecek şekilde projelendirilmiştir. Redresörlerin 3 guruba bölünmesi herhangi bir inkıtaa sebep olmaksızın arızalı diotun değiştirilmesini sağlar. Diotlar aşırı voltaja karşı normal şekilde korunmuştur. Bütün techizat diotlar, sigortalar ve anahtarlar da dahil olmak üzere cebri hava soğutmalı kabinlere monte edilmiştir.

5.4.3.3) LINEER OLMIYAN REZİSTANS :

Şönt bağlantılı lineer olmayan bir rezistans diotları geçici arızalarda generatör saha sargısında indüklenebilecek tehlikeli aşırı voltajlara karşı korur.

Her ne kadar rezistans cebri hava soğutmalı bir kabin içerisinde bulunuyorsa da vantilatörler arıza yapsa dahi sıcaklığı emniyet sınırları içerisinde kalır. Normal işletmede rezistansın güç sarfiyatı ihmal edilebilecek kadar azdır.

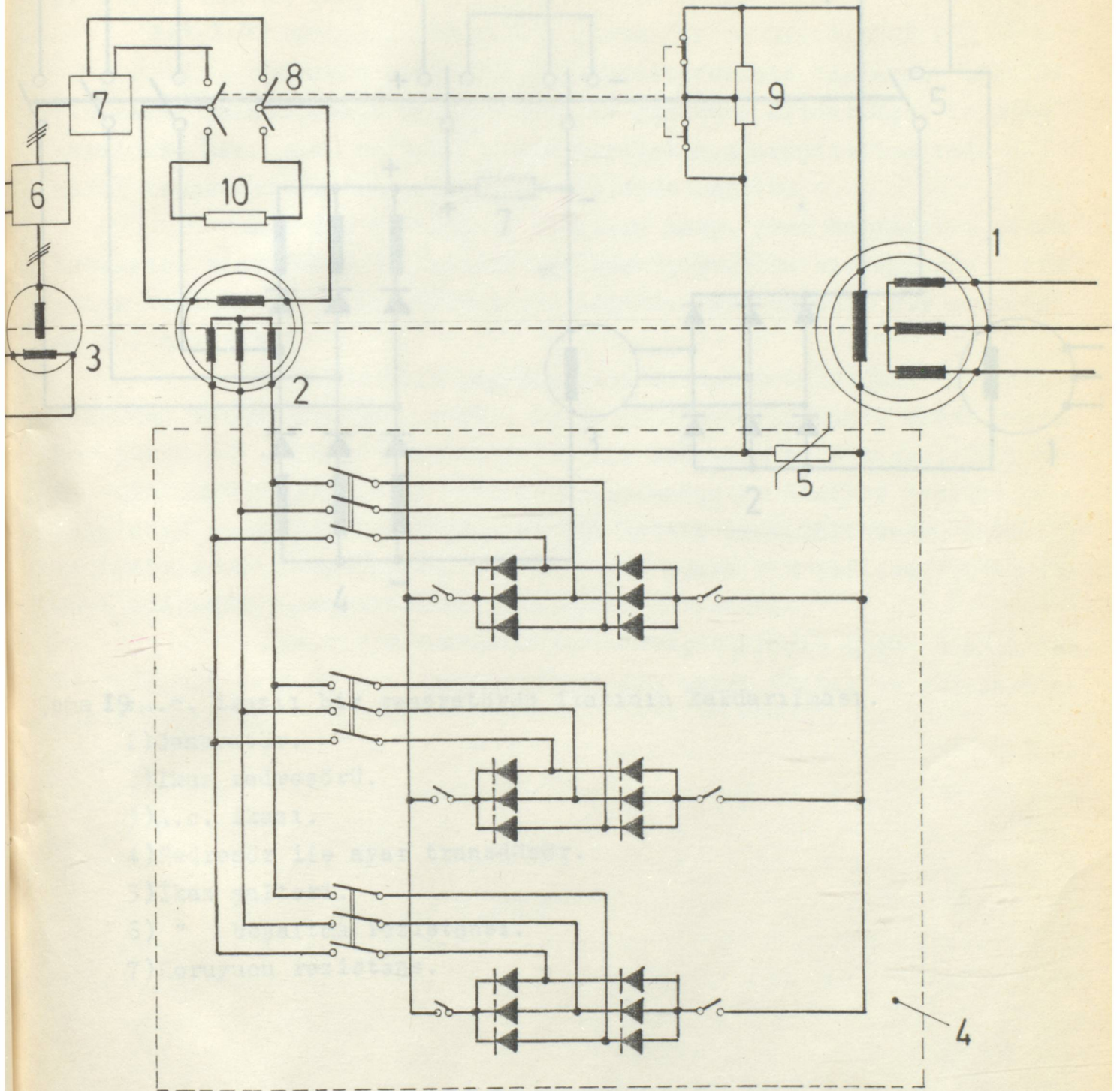
5.4.3.4) SÜRATLİ, SAHA DÜŞÜRÜCÜSÜ :

Arıza halinde ikazın süratle düşürülmesini temin için çabuk hareketli manyetik saha bastırıcısı konulmuştur. İkaz şalterinin açılması ile beraber bir damping rezistansı generatör saha devresine sokulur. (8 no'lu şema). Aynı anda bu rezistansın uçları arasında meydana gelen voltaj düşmesi, ters yönde ikazın saha devresine tatbik edilir ve böylece ikaz voltajı ve dolayısıyla ana ikaz düzeltilmiş olur.

5.4.3.5) VOLTAJ REGÜLASYONU :

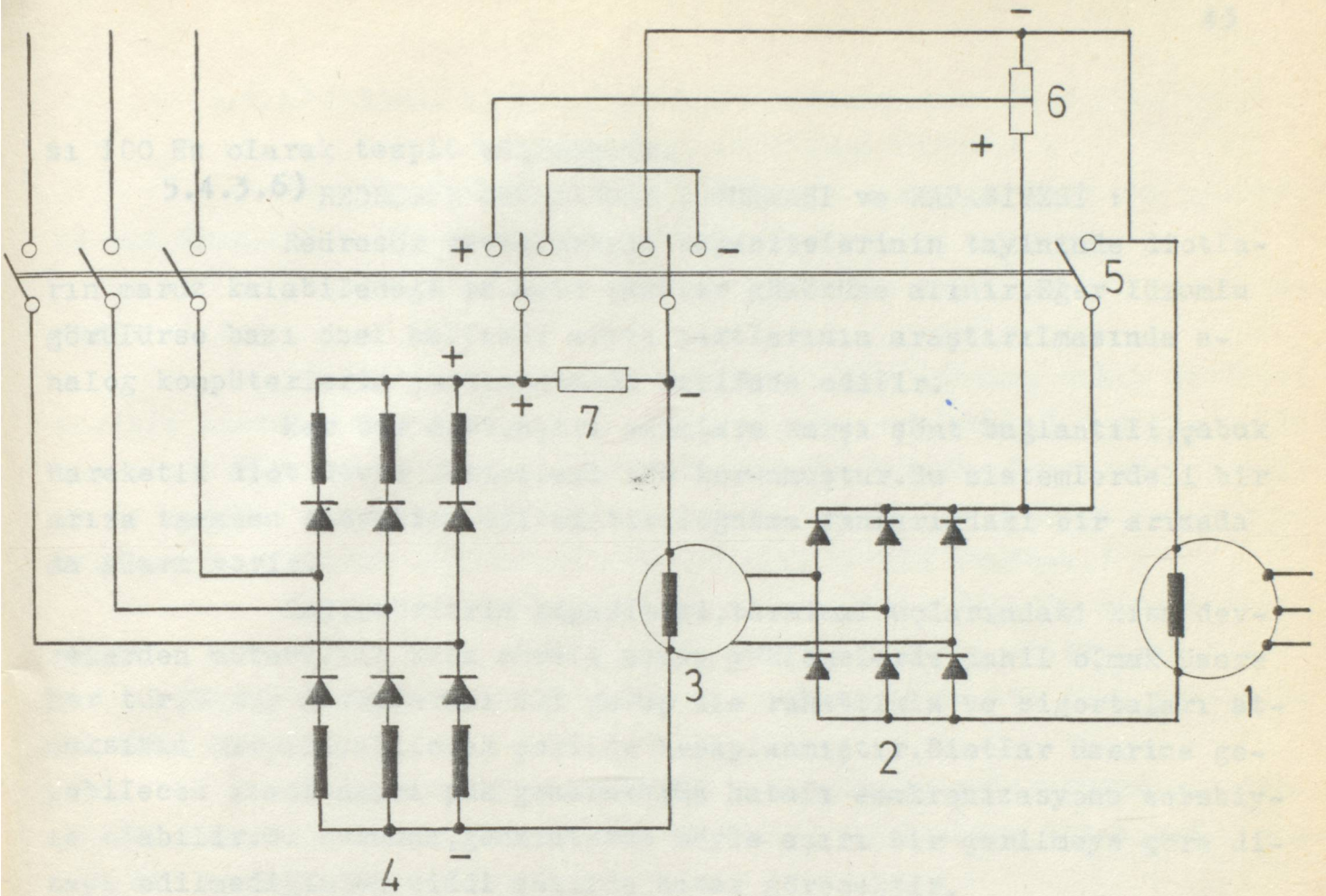
Otomatik voltaj regülasyonu için modern statik transdüser tipi regülatörler kullanılmıştır.

Manyetik reglaj amplifikatörünü güç kaynağı yardımcı alternatör olup, ana generatör şaftına akuple edilmiştir. Manyetik amplifikatörün zaman sabitesini düşük tutmak için yardımcı alternatörün frekan-



Şema 18: Silisyum diotlu ikazlama.

- | | | |
|------------------------|-----------------------------|----------------------|
| 1) Generatör. | 5) Koruyucu rezistans. | 9) İkazı kaldırma |
| 2) İkaz generatörü. | 6) Kendinden ikaz. | rezistans |
| 3) Yardımcı generatör. | 7) Gerilim regülatörü. | 10) Deşarj rezistans |
| 4) Redresör tesisatı. | 8) İkazı kaldırma anahtarı. | |



Şema 19: A.c. ikazlı bir generatörün ikazının kaldırılması.

- 1) Generatör.
- 2) İkaz redresörü.
- 3) A.c. ikazı.
- 4) Redresör ile ayar transdüsör.
- 5) İkaz şalteri.
- 6) " boşaltma rezistansı.
- 7) Koruyucu rezistans.

si 100 Hz olarak tespit edilmiştir.

5.4.3.6) REDRESÖR DEVRESİNİN KORUNMASI ve KAPASİTESİ :

Redresör devrelerinin kapasitelerinin tayininde diotların maruz kalabileceği en ağır şartlar gözönüne alınır. Eğer lüzumlu görülürse bazı özel hallerde arıza şartlarının araştırılmasında analog kompüterlerin yardımındanda istifade edilir.

Her bir diot, aşırı akımlara karşı şönt bağlantılı, çabuk hareketli diot devre kesicileri ile korunmuştur. Bu sistemlerdeki bir arıza tamamen sinyalize edilmiştir. Soğutma fanlarındaki bir arızada da alarm verir.

Redresörlerin kapasitesi, terminal uçlarındaki kısa devrelerden mütevellit kısa süreli aşırı yüklemelerde dahil olmak üzere her türlü yük durumlarını iki grup ile rahatlıkla ve sigortaları atmaksızın karşılayabilecek şekilde hesaplanmıştır. Diotlar üzerine gelebilecek azami aşırı yük generatörün hatalı senkronizasyonu sebebiyle olabilir. Bu durumda, generatörde böyle aşırı bir gerilmeye göre dizayn edilmediğinden ciddi şekilde hasar görecektir.

Genellikle redresör devreleri, diotların uygun olarak teçhiz edilmiş seri ve şönt bağlantıları ile aşırı voltaj ve akımlara adapte olabilir.

5.4.4) ANBARLI TERMİK SANTRALİNİN 150'ŞER MW GÜCÜNDEKİ

4. ve 5. GURUBUNUN İKAZ SİSTEMİ :

35 KVA gücündeki pilot ikaz ile uyarılan 1125 KVA gücündeki ana ikaz, 187,5 MVA gücündeki senkron jeneratörü uyarır.

Ekteki şemadan da anlaşıldığı gibi ana ikaz iki yerden uyarılabilir:

1) Şebekeden, uzaktan kumandalı bir motorla çıkış gerilimi sürekli olarak değiştirilebilen bir trafo ile beslenen, 3 faz tam dalga bir diyot köprüsü üzerinden ikazlanabilir. Bu durumda jeneratör gerilimi ve reaktif gücü, operatör tabloyu takip ederek ve uzaktan kumanda motorunu çalıştırarak ayarlanır. (N3 köprüsü ve UI4 trafosu.)

2) Voltaj regülatörü tarafından tristörlerin ateşlenmesi kontrol edilen ve 150 V , 100 Hz ' lik bir enerjiyle pilot ikaz jeneratörü tarafından beslenen NI köprüsü yardımıyla da ana ikaz jeneratörü uyarılır.

Pilot ikaz jeneratörünün rotorunu, bu jeneratörün çıkışından beslenen ve ünitrolgler tipi bir voltaj regülatörü ile kontrol edilen bir tristör köprüsü besler.

Voltaj regülatörü, NI köprüsündeki tristörleri nasıl kontrol eder:

Voltaj regülatörünün UI ve U2 üniteleri, regülatör içindeki diğer üniteleri beslemek için, U7 ünitesi de regülatörün içindeki cihazları soğutan vantilatörlerden meydana gelmiştir. U3 ünitesi ölçme ünitesidir. Jeneratörün çıkışındaki gerilim ve akım trafolarından faz-faz arası gerilimler ve her bir fazında akan akımlarla ilgili bilgiler, U3 ünitesine gelir. Bu gerilim ve akım değerlerinin ortalamasından ve aktif ve reaktif akımın etkilerinin toplamından bir ölçme sinyali ortaya çıkar. Mahallinden elle veya kumanda masasından idare edilebilen bir motorla değeri değişen bir RII direnci üzerinde, bu sinyalin gerilimi bölünür. Bir RII ' in değerini değiştirerek jeneratör çıkış gerilimini ve reaktif güç miktarını ayarlayabiliriz. U3 ünitesinin içinde referans gerilimi sağ-

layan bölümler vardır. Ölçme sinyali ile referans gerilimi arasındaki fark, fark sinyali olarak U4 kontrol kartına gelir. U4 kontrol kartına bu sinyalden başka, makinanın yük açısını ölçen, U5 kartından gelen ve makinanın aşırı kapasite çalışma bölgesinde olduğu zaman ikazı azaltacak yönde sinyal sağlayan, U6 reaktif yük açısı limitleme kartından geçen bir sinyal de vardır. U6 ünitesi, RI8 reostasının değerini değiştirmek suretiyle ayarlanır. Ayrıca, N2 diyot köprüsünü besleyen ana ikaz çıkış akımının değeri, f11 ve f12 akım trafoları ile U9 kartına kadar gelir. Eğer jeneratörümüze şebekeden aşırı yük, yani aşırı reaktif güç talebi gelmiş ise veya başka bir sebepten jeneratör ikaz akımı artmış ise, dolayısıyla ana ikaz çıkış akımı artacaktır. Bu akım belli bir değeri geçerse U9 kartı U4 'e ikaz akımını düşürecek yönde bir sinyal yollayacaktır. U4 kontrol ünitesi, U3 'ten gelen ve ölçme ve referans sinyallerinin farkından oluşan sinyal ile orantılı olarak, U8 tristör tetikleme devresine bir sinyal yollar. Bu sinyal tetiklemeyi, jeneratör çıkışını sabit gerilimde tutacak aktif ve reaktif güç değişmelerine göre, ikaz akımını değiştirecek şekilde kontrol eder. Yani tristörlerin ateşleme açısını değiştirir. Yapılan tetikleme açısı kontrolü ile NI tristör köprüsünün ortalama çıkış gerilimi değişir. Dolayısıyla ana ikaz akımı değişir. Böylece, ana ikazın çıkış gerilimi ve N2 diyot köprüsünün çıkış gerilimi de değişir ki bu da jeneratörün ikaz gerilim ve akımının değişmesi demektir. Bunun sonucu olarak ta jeneratörün çıkış gerilimi istenilen düzeyde değişmiş olur.

