

**T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**28V 650A JENERATÖRLERDE KULLANILAN  
GERİLİM REGÜLATÖRÜNÜN ANALİZİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Elkt.Müh. Songül GÜNDÜZ**

**Enstitü Anabilim Dalı : ELEKTRİK-ELEKTRONİK  
MÜHENDİSLİĞİ  
Enstitü Bilim Dalı : ELEKTRONİK  
Tez Danışmanı : Prof.Dr. Etem KÖKLÜKAYA**

**Haziran 2010**

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

28V 650A JENERATÖRLERDE KULLANILAN  
GERİLİM REGÜLATÖRÜNÜN ANALİZİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Elkt.Müh. Songül GÜNDÜZ

Enstitü Anabilim Dalı : ELEKTRİK -ELEKTRONİK  
MÜHENDİSLİĞİ  
Enstitü Bilim Dalı : ELEKTRONİK

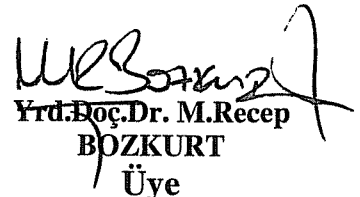
Bu tez 23 / 06 /2010 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.



Prof.Dr. Etem  
KÖKLÜKAYA  
Jüri Başkanı



Yrd.Doç.Dr. İlyas  
ÇANKAYA  
Üye



Yrd.Doç.Dr. M.Recep  
BÖZKURT  
Üye

## ÖNSÖZ

Bu çalışmanın yürütülmesi ve sonuçlandırılmasında fikir ve tecrübeleri ile beni yönlendiren danışman hocam sayın Prof.Dr. Etem KÖKLÜKAYA'ya,

Değerli bilgi birikimleri ile yardımlarını esirgemeyen Kocaeli Üniversitesi Elektrik Mühendisliği bölümü öğretim üyeleri sayın Yrd.Doç.Dr. Sabri ÇAMUR'a ve Yrd.Doç.Dr. Birol ARİFOĞLU'na,

Değerli bilgi ve tecrübeleri ile bana yol gösteren ve zaman ayıran Elektronik ve Haberleşme Yük.Müh. sayın Mehmet FİDAN'a,

Bu günlere gelmemde maddi ve manevi destekleri ile yanımda olan çok kıymetli aileme,

Sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

# İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	v
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	vi
ÖZET.....	viii
SUMMARY.....	ix
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 2.	
JENERATÖRÜN ÇALIŞMA PRENSİBİ.....	3
2.1. Jeneratörün Tanımı.....	3
2.2. Jeneratörün Yapısı.....	3
2.2.1. Rotor .....	3
2.2.2. Statör .....	4
2.3. Jeneratörün Çalışma Prensibi.....	5
2.4. Jeneratörün Çıkış Uçları.....	9
BÖLÜM 3.	
GERİLİM REGÜLATÖRÜ.....	10
3.1. Gerilim Regülatörünün Tanımı.....	10
3.2. Gerilim Regülatörünün Yapısı.....	11
3.3. Gerilim Regülatörünün Çalışma Prensibi.....	11
BÖLÜM 4.	
GERİLİM REGÜLATÖRÜNÜN ANALİZİ.....	14

4.1. Jeneratörü Devreye Alma İsteği.....	15
4.2. Jeneratör Çalıştı Sinyali.....	15
4.3. Gerilim Geri Beslemesi.....	15
4.4. Akü Gerilimi Geri Besleme Bloğu.....	16
4.5. Aşırı Gerilim Kontrol Bloğu.....	16
4.5.1. Jeneratör geriliminin aşırı gerilim kontrol bloğu ile kontrolü.	18
4.5.2. Akü geriliminin aşırı gerilim kontrol bloğu ile kontrolü.....	21
4.6. Aşırı Akım Kontrol Bloğu.....	25
4.7. Ana Kontrol Bloğu.....	27
4.8. Çıkış Kartı.....	29
BÖLÜM 5.	
SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	34
5.1. Sonuçlar.....	34
5.2. Öneriler.....	34
KAYNAKLAR.....	35
ÖZGEÇMİŞ.....	36

## SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

ac	: Alternatif akım
AG	: Akım geri besleme sinyali
dc	: Doğru akım
EMK	: Elektromotor kuvveti
$F_+$ , $F_-$	: Uyarım bobin uçları
GG	: Gerilim geri beslem sinyali
$I_b$	: Transistör baz akımı
IGG	: Gerilim geri besleme akımı
IF	: Uyarım bobinleri kontrol akımı
$L_+$ , $L_-$	: Akü besleme gerilimi
$R_b$	: Uyarım bobini iç direnci
O.V.	: Aşırı gerilim kesme çıkışı

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1.	Rotor.....	4
Şekil 2.2.	Statör.....	4
Şekil 2.3.	Üç Fazlı Alternatif Akım.....	5
Şekil 2.4.	Elektrik Üretme Prensipleri.....	6
Şekil 2.5.	Alternatif Akım Jeneratöründe EMK'nın Oluşumu .....	6
Şekil 2.6.	Alternatif Akım Eğrisi.....	7
Şekil 2.7.	EMK Yönünün Bulunması.....	7
Şekil 2.8.	Alternatif Akım Jeneratöründe EMK'nın Oluşumu.....	8
Şekil 2.9.	Jeneratörün Çıkış Uçları.....	9
Şekil 3.1.	Genel Blok Şema.....	10
Şekil 3.2.	Kontrol Kartı Devre Şeması.....	12
Şekil 3.3.	Çıkış Kartı Devre Şeması.....	13
Şekil 4.1.	Regülatörün Blok Diyagramı.....	14
Şekil 4.2.	Akü Gerilimi Geri Besleme Bloğu.....	16
Şekil 4.3.	Aşırı Gerilim Kontrol Bloğu .....	17
Şekil 4.4.	Jeneratörde Üretilen Gerilimin Normal Seviyede Olması Durumu.....	19
Şekil 4.5.	Jeneratörde Üretilen Gerilimin Sınır Değerini Aşması Durumu....	20
Şekil 4.6.	Akü Geriliminin Normal Seviyede Olması Durumu.....	22
Şekil 4.7.	Akü Geriliminin Sınır Değerini Aşması Durumu.....	23
Şekil 4.8.	Aşırı Gerilim Kontrol Devresi Blok Şeması.....	24
Şekil 4.9.	Aşırı Akım Kontrol Bloğu.....	25
Şekil 4.10.	Aşırı Akım Kontrol Devresi Blok Şeması.....	26
Şekil 4.11.	Ana Kontrol Bloğu.....	28
Şekil 4.12.	Ana Kontrol Bloğu Blok Şeması.....	28
Şekil 4.13.	Çıkış Kartı.....	29

Şekil 4.14.	Çıkış Kartı Blok Şeması.....	30
Şekil 4.15.	Proteusla Çizilmiş Birleşik Devre.....	31
Şekil 4.16.	İkaz Akımının Minimum Değerinin Gösterimi.....	32
Şekil 4.17.	İkaz Akımının Maksimum Değerinin Gösterimi.....	33



## ÖZET

Anahtar kelimeler: Gerilim Regülatörü, Jeneratör, Faraday Kanunu

Araç hareket halindeyken elektrik sistemini besleyen enerji jeneratör tarafından üretilmektedir. Araçta bulunan cihazların güvenliği için üretilen bu enerjinin kontrol altında tutulması gerekmektedir. Özellikle askeri savaş araçlarında atış kontrol, haberleşme, motor kontrol ve navigasyon sistemlerinin çalışması hayati bir öneme sahip olduğu için, üretilen akım ve gerilim kontrol altında olmalıdır.

Bu çalışmada, zırhlı bir savaş aracı için askeri standartlarda malzemeler kullanılarak özel olarak tasarlanmış gerilim regülatörü incelenmiştir. Regülatörün, aküden ve jeneratörden aldığı akım ve gerilim geri besleme sinyallerini kullanarak, jeneratörün ürettiği akımı ve gerilimi belli sınırlar içerisinde sabit tuttuğu gösterilmiştir. Regülatörü meydana getiren devre kartlarının analizi proteus program paketi içinde bulunan isis alt programı kullanılarak yapılmıştır.

# **THE ANALYSIS OF THE VOLTAGE REGULATOR USED IN THE 28V 650A GENERATORS**

## **SUMMARY**

Key Words: Voltage Regulator, Generator, Faraday Law

When the vehicle is on the move, the energy which supplies the electric system is produced by the generator. In order to keep the equipments in safe, the produced energy has to be kept under control. Especially, it is very important to keep the current and voltage under control which are produced in military combat vehicles.

In this study, a specially designed voltage regulator, which consists of the materials in the military standards, for an armoured combat vehicle is investigated. It is asked to explain how the regulator keeps the current and voltage produced by the generator constant within certain limits. The analysis of the circuit boards which compose the regulator is performed by Isis sub-program which is stated in the Proteus software package.

## **BÖLÜM 1. GİRİŞ**

Motorlu araçlarda bulunan elektrik ve elektronik donanımları beslemek için enerjiye ihtiyaç duyulmaktadır. Motorun mekanik enerjisini kullanarak araç için gerekli olan elektrik enerjisini üretmek ve araç aküsünü şarj etmek jeneratörlerin görevidir. Ancak jeneratörün üreteceği enerji, araç motorunun devrine göre artıp azalacaktır. Bu durumda kararlı olmayan ve beslediği sistemin zarar görmesine neden olan bir enerji üretilmiş olacaktır.

Elektronik sistemleri korumak ve akünün yüksek gerilimle şarj olmasının önüne geçmek için üretilen enerjinin kontrol altında tutularak limit değerleri aşması engellenmelidir. Toleranslar dahilinde istenilen sabit gerilimin elde edilmesi sağlanmalıdır.

Jeneratörün ürettiği enerjinin kontrolü, gerilim regülatörleri (voltaj regülatörleri) ile yapılmaktadır. Gerilim regülatörleri, jeneratörde elektromıknatısa giden ikaz akımını denetleyerek gerilimi kontrol altına almaktadırlar. Regülatörün çalışma prensibinin daha iyi anlaşılması için jeneratörler ve jeneratörün gerilim üretme mantığı Bölüm 2’de anlatılmıştır.

Gerilim regülatörlerinin temel çalışma prensipleri aynı olmakla beraber kullanıldıkları sisteme ve üretildikleri teknolojiye göre farklı çeşitleri bulunmaktadır. Bu tezin konusu olan gerilim regülatörü, askeri bir savaş aracında kullanılmaktadır. Askeri araçlarda elektronik atış kontrol sistemlerinin, motor kontrol ünitelerinin ve haberleşme sistemlerinin güvenli bir şekilde çalışması hayati bir önem taşımaktadır. Bu nedenle incelenmekte olan gerilim regülatörü kullanıldığı araç için özel olarak tasarlanmış ve askeri standartlarda malzemelerden oluşan kontrol kartı ve çıkış kartı adı verilen iki adet devre kartından oluşmaktadır. Bölüm 3’te gerilim regülatörünün yapısı incelenmiştir.

Bu çalışmada gerilim regülatörünü oluşturan devre kartlarının, tersine mühendislik yöntemi kullanılarak, devre şemaları oluşturulmuştur. Oluşturulan bu devre şemaları, blok şemalar haline getirilerek analizi yapılmış ve çalışma mantığı ayrıntılı bir şekilde bölüm 4'de açıklanmıştır. Gerilim regülatörünün gerçek uygulamadaki davranışını göstermek için proteus programı kullanılmıştır. Proteus programının isis alt programı kullanılarak devre şemaları çizilmiş ve yine isis programı kullanılarak gerilim regülatörünün simülasyonu yapılmıştır.

## **BÖLÜM 2. JENERATÖRÜN ÇALIŞMA PRENSİBİ**

### **2.1. Jeneratörün Tanımı**

Jeneratörlerin görevi, motordan gelen mekanik enerjiyi elektrik enerjisine çevirmektir. Mekanik enerji, motordan bir mil vasıtasıyla alınarak rotor döndürülür ve stator sargılarında alternatif akım üretilmesi sağlanır. Üretilen alternatif akım, köprü diyotlarla doğru akıma çevrilerek aküye gönderilmektedir.

### **2.2. Jeneratörün Yapısı**

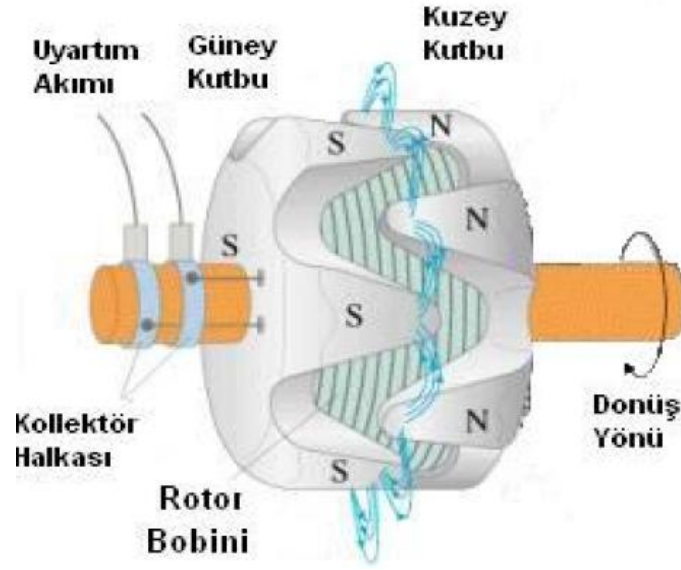
Jeneratörün temel parçaları elektro mıknatıslanmayı oluşturan rotor, elektrik akımını üreten stator ve akımı doğrultan diyotlardır. Bunlara ek olarak, aynı zamanda manyetik alan oluşturulması için rotora akım geçiren fırçalar, rotorun yumuşak bir şekilde dönmesini sağlayan rulmanlar ile rotoru, statoru ve diyotları soğutmak için bir fan bulunmaktadır. Tüm bu parçalar ön ve arka kapak tarafından birleştirilmektedir.

#### **2.2.1. Rotor**

Rotor, manyetik kutuplar (N-S kutupları), bir manyetik alan (rotor) bobini, kolektör halkaları ve bir rotor milinden meydana gelmiştir. Jeneratörün dönen hareketli parçasıdır.

Manyetik alan (Rotor) bobini, dönme yönüyle aynı yönde sarılmıştır ve bobinin her iki ucu bir kolektör halkasına bağlanmıştır. Bobinin her iki ucuna manyetik alan bobinini kuşatacak şekilde kutup çekirdeği (N-S) bağlanmıştır. Manyetik alan, akımın rotor bobini üzerinden geçmesiyle ve kutuplardan birinin N kutbu, diğerinin S kutbu olmasıyla oluşturulmaktadır. Kolektör halkaları, fırçaların temas ettiği

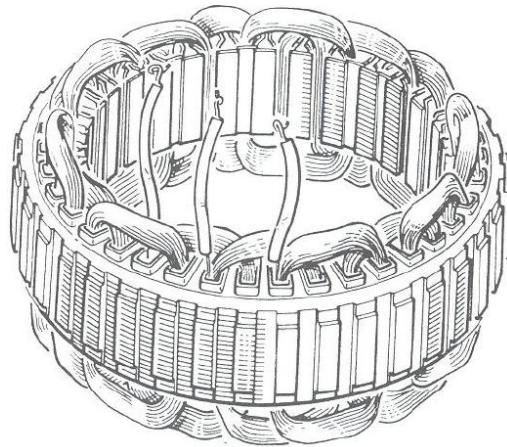
yüzeyle yüksek kalitede işlenmiş, paslanmaz çelik gibi metallere yapılmaktadırlar. Bunlar rotor milinden yalıtılmışlardır.



Şekil 2.1. Rotor

### 2.2.2. Statör

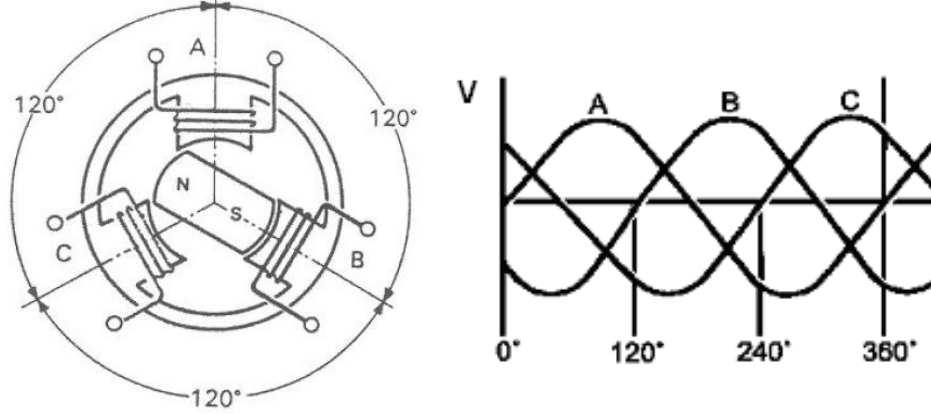
Stator çekirdekleri ve stator bobinlerinden meydana gelmiştir. Ön ve arka kapaklara tutturulmuştur. Stator çekirdeği, çelik kaplanmış ince plakalardan meydana gelmektedir.



Şekil 2.2. Statör

Çekirdeğin iç kısmında kanallar ve üç adet stator sargısı bulunmaktadır. Her bir sargıya bir faz denir. Jeneratörlerin üç fazlı yapılmasının sebebi, çıkış akımını

yükseltmek ve çalışma sırasında meydana gelebilecek akım değişimlerini azaltmaktır. Bu fazlar birbirinden  $120^\circ$  açı farkıyla çalışmaktadır [7-8-9].



Şekil 2.3. Üç Fazlı Alternatif Akım

### 2.3. Jeneratörün Çalışma Prensibi

Jeneratörün çıkış gücü üç faktöre bağlı olarak değişmektedir. Bunlar;

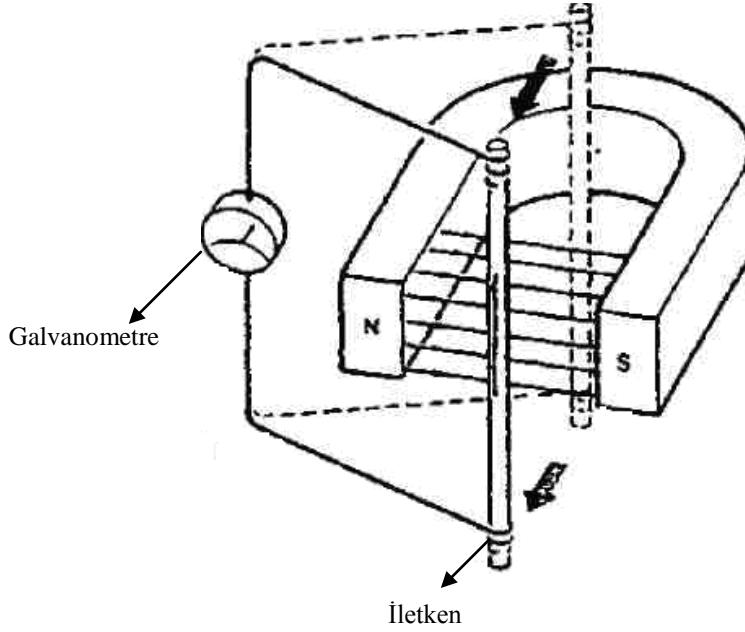
- Stator sargılarının boyu ve kesiti,
- Jeneratör rotorunun dönüş hızı,
- Rotor sargılarının oluşturduğu manyetik alandır.

Stator sargılarının sayısı değiştirilmemekte, rotorun dönüş hızı ise motordan aldığı harekete bağlı olduğu için kontrol edilememektedir. Jeneratörün ürettiği enerjinin kontrol edilebilmesi için manyetik alanı oluşturan rotor sargılarının çektiği akım (ikaz akımı) şiddeti kontrol edilmelidir [1].

Jeneratörlerin çalışmasını anlayabilmek için Faraday prensibini anlamak gerekir. Bir manyetik alan içerisinde hareket eden bir iletken, manyetik kuvvet hatlarını kestiği zaman iletken üzerinde elektromotor kuvveti (indüksiyon voltajı) oluşmakta ve iletken devrenin bir elemanı durumunda ise üzerinden bir akım geçmektedir [2].

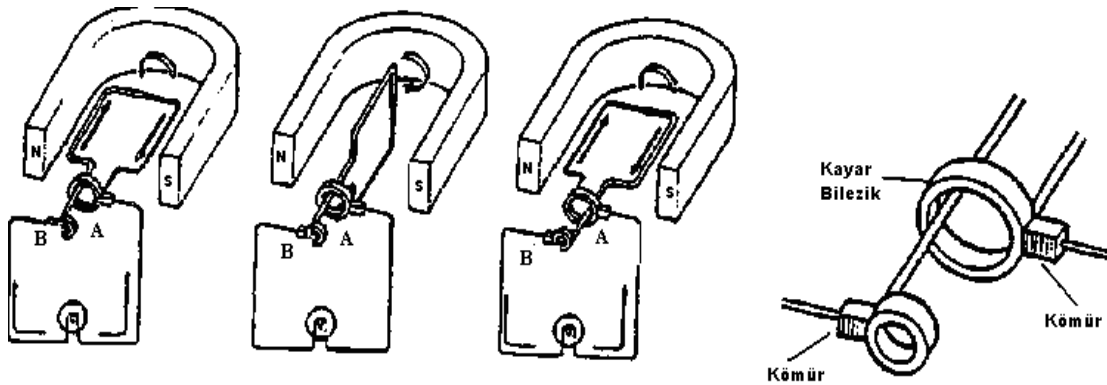
Şekil 2.4.'te görüldüğü gibi çok az bir akımla bile hareket edebilen bir ampermetre olan galvanometrenin ibresi, mıknatısın kuzey (N) ve güney (S) kutupları arasında bir

iletkenin ileri geri hareket ettirilmesiyle doğan elektromotor kuvvetine bağlı olarak hareket eder.



Şekil 2.4. Elektrik Üretme Prensibi

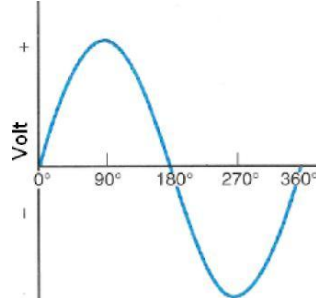
Her ne kadar, tek bir iletken bir manyetik alan içinde döndürüldüğünde elektromotor kuvveti üretilse de gerçekte üretilen kuvvet çok düşüktür. Eğer iki iletken uç uca birleştirilecek olursa, her ikisinde de elektromotor kuvveti üretilecek ve iki katı şiddetinde olacaktır. Böylece manyetik alan içinde daha çok sayıda iletkenin döndürülmesiyle daha fazla elektromotor kuvveti üretilecektir [3].



Şekil 2.5. Alternatif Akım Jeneratöründe EMK'nın Oluşumu



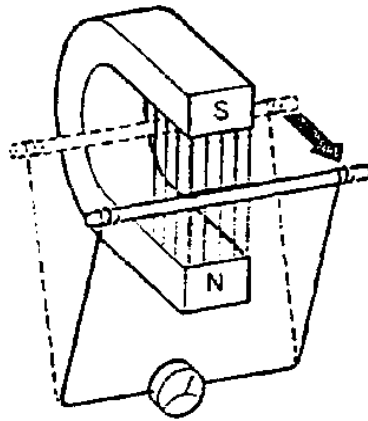
Elektrik, kayar bilezik ve kömürler (böylelikle bobin dönebilecektir) üzerinden beslenen bir bobin tarafından üretildiği zaman lambadan geçen akım miktarı ve aynı zamanda akımın yönü de değişecektir. Bobinin dönmesiyle, ilk yarım turda üretilen akım, "A" tarafındaki kömürden verilecek, lambadan geçecek ve "B" tarafındaki kömüre dönecektir. Diğer yarım turda ise akım "B" tarafından verilip "A" tarafına geri dönecektir (Şekil 2.5.).



Şekil 2.6. Alternatif Akım Eğrisi

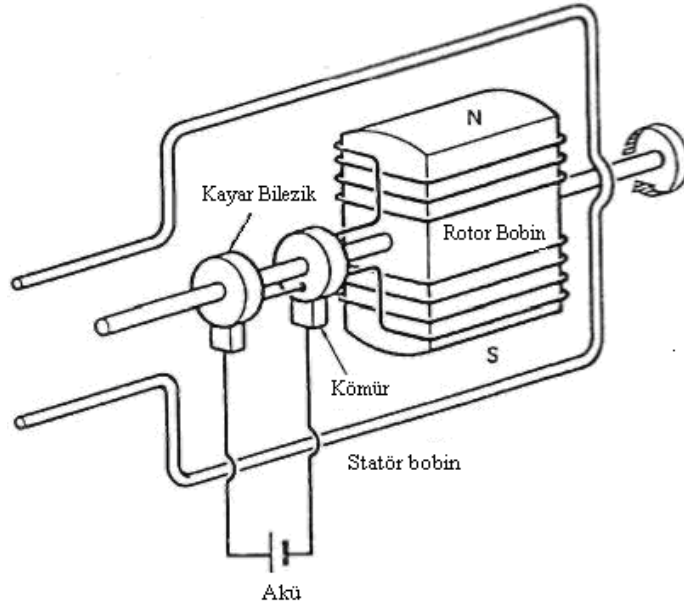
Bu yöntemle jeneratör, bir manyetik alan içindeki bobin tarafından üretilen alternatif akımı oluşturmaktadır (Şekil 2.6.).

Manyetik alan içindeki bir iletken üretilen elektromotor kuvvetinin yönü, manyetik akışın yönündeki değişme ile birlikte değişecektir. Eğer bir iletken manyetik kuzey (N) ve güney (S) kutuplar arasında Şekil 2.7.'deki gibi okla gösterilen yönde hareket ederse, elektromotor kuvveti (EMK) sağdan sola doğru akar (Manyetik akımın yönü N den S kutbuna doğru olur) [4].



Şekil 2.7. EMK Yönünün Bulunması

Faraday kanuna göre sabit bir manyetik alan içerisinde iletkenin döndürülmesiyle iletkende akım indüklenecektir [5]; fakat bu yöntemde iletkenin devri yükseldiğinde fazla miktardaki akımın indüklenmesinden dolayı iletkenin ısınmasına neden olacaktır. Bu mahsuru ortadan kaldırmak için Şekil 2.8.'de olduğu gibi manyetik alan sabit bir iletken içerisinde hareket ettirilerek iletkende akım indüklenerek ısınma sorunu ortadan kaldırılmıştır.



Şekil 2.8. Alternatif Akım Jeneratöründe EMK'nın Oluşumu

Jeneratörde, sabit bir voltaj elde etmek için mıknatısın sabit bir hızda döndürülmesi gerekir. Bununla beraber motor yol koşullarına bağlı olarak değişik hızlarda çalıştığından, jeneratörün hızı sabit tutulamaz. Bu zorluğu çözmek ve sabit bir voltaj sağlamak amacıyla sabit bir mıknatıs yerine elektromıknatıs kullanılmıştır.

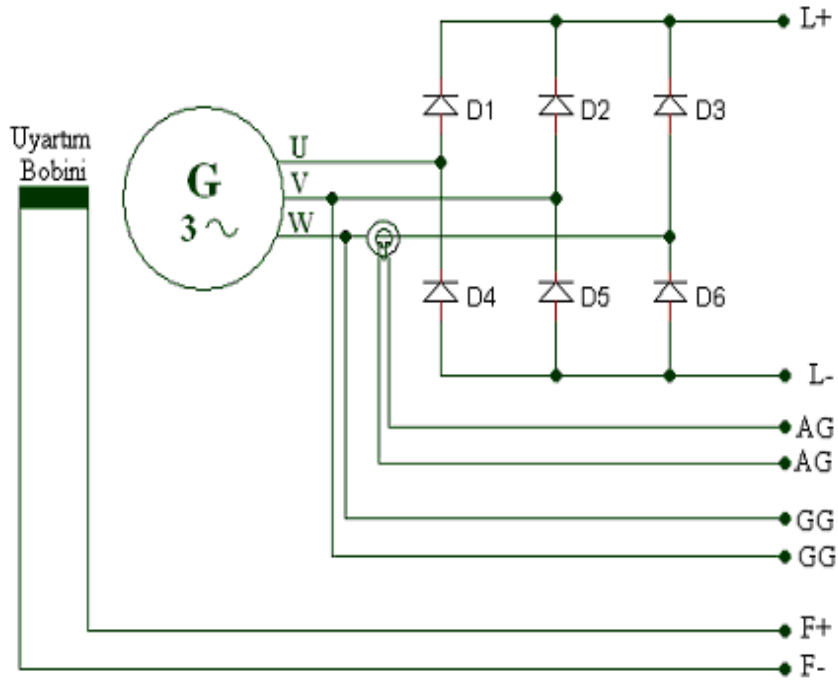
Elektromıknatıs, üzeri bobinlerle sarılmış bir demir çekirdektir. Bobinlerden akım geçtiğinde, çekirdek mıknatıslanır. Mıknatıslanmanın derecesi, bobinden geçen akımın miktarıyla değişir. Elektromıknatıstan geçen akım miktarı voltaj regülatörü (konjektör) tarafından kontrol edilir. Voltaj regülatörü; jeneratör düşük hızlarda dönerken ikaz akım artırılır, bunun tersi de, jeneratör yüksek hızlarda dönerken ikaz akımı azaltarak oluşan manyetik alanı değiştirir. Böylece jeneratör motor devrine bağlı olmaksızın sabit voltaj üretir. Şekil 2.8.'de görüldüğü gibi, jeneratörlerde

akımın üretildiği iletkenler sabit durur ve manyetik alanı meydana getiren ve adına rotor denen kısım döner.

#### 2.4. Jeneratörün Çıkış Uçları

Jeneratörden gerilim regülatörüne giden uçlar aşağıdaki gibidir:

1. Alternatif gerilimi doğrultmak amacıyla dahili 3 fazlı köprü doğrultucu çıkışı.
2. Akım algılamak için dahili akım transformator çıkışı.
3. Faz gerilim seviyelerinin denetimi için gerilim geri beslemesi çıkışı.
4. Uyarım bobinini kontrol girişi.



Şekil 2.9. Jeneratörün Çıkış Uçları

AG : Akım trafosu Çıkış Sinyali

GG : Gerilim Geri Besleme Sinyali

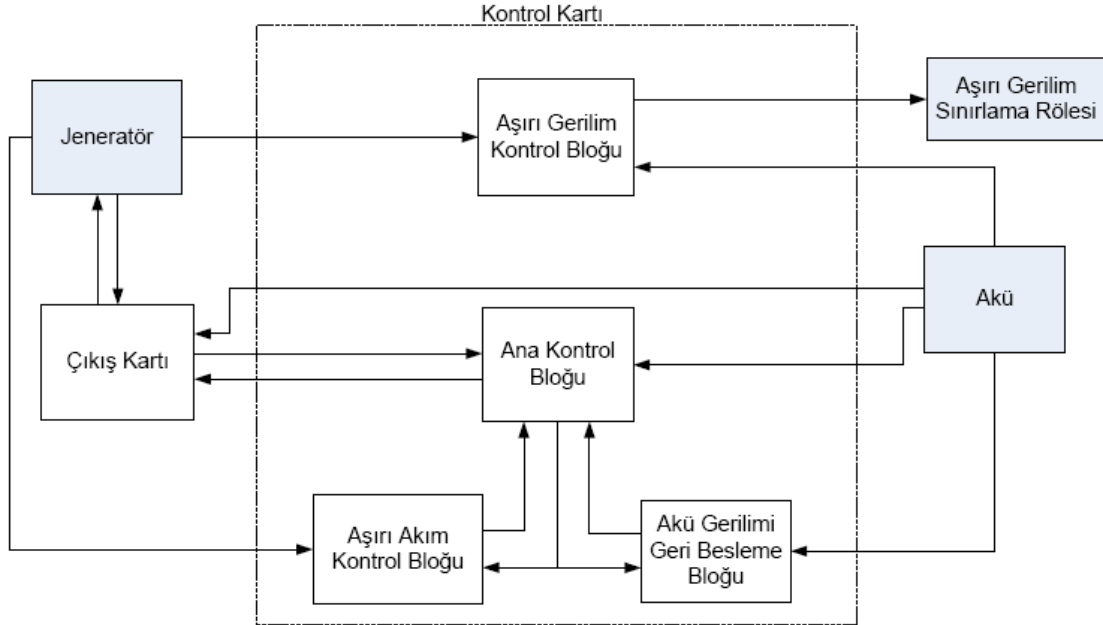
F+,F-: Uyarım Bobini Uçları

## BÖLÜM 3. GERİLİM REGÜLATÖRÜ

### 3.1. Gerilim Regülatörünün Tanımı

Jeneratörlerin devirleri motorla birlikte azalıp çoğaldığından bunların ürettikleri voltaj da devire göre azalıp çoğalmaktadır. Bu nedenle sistem güvenliğinin sağlanması için şarj sisteminin ürettiği gerilim ve akımın özel bir üniteyle sınırlanması ve kontrol altında tutulması gerekmektedir. Bu işi yapan üniteye regülatör denir.

Aşağıda verilen şekilde, gerilim regülatörünü oluşturan kontrol ve çıkış kartları ile jeneratör, akü ve aşırı gerilim sınırlama rölesi arasındaki bağlantıyı veren blok şema görülmektedir.



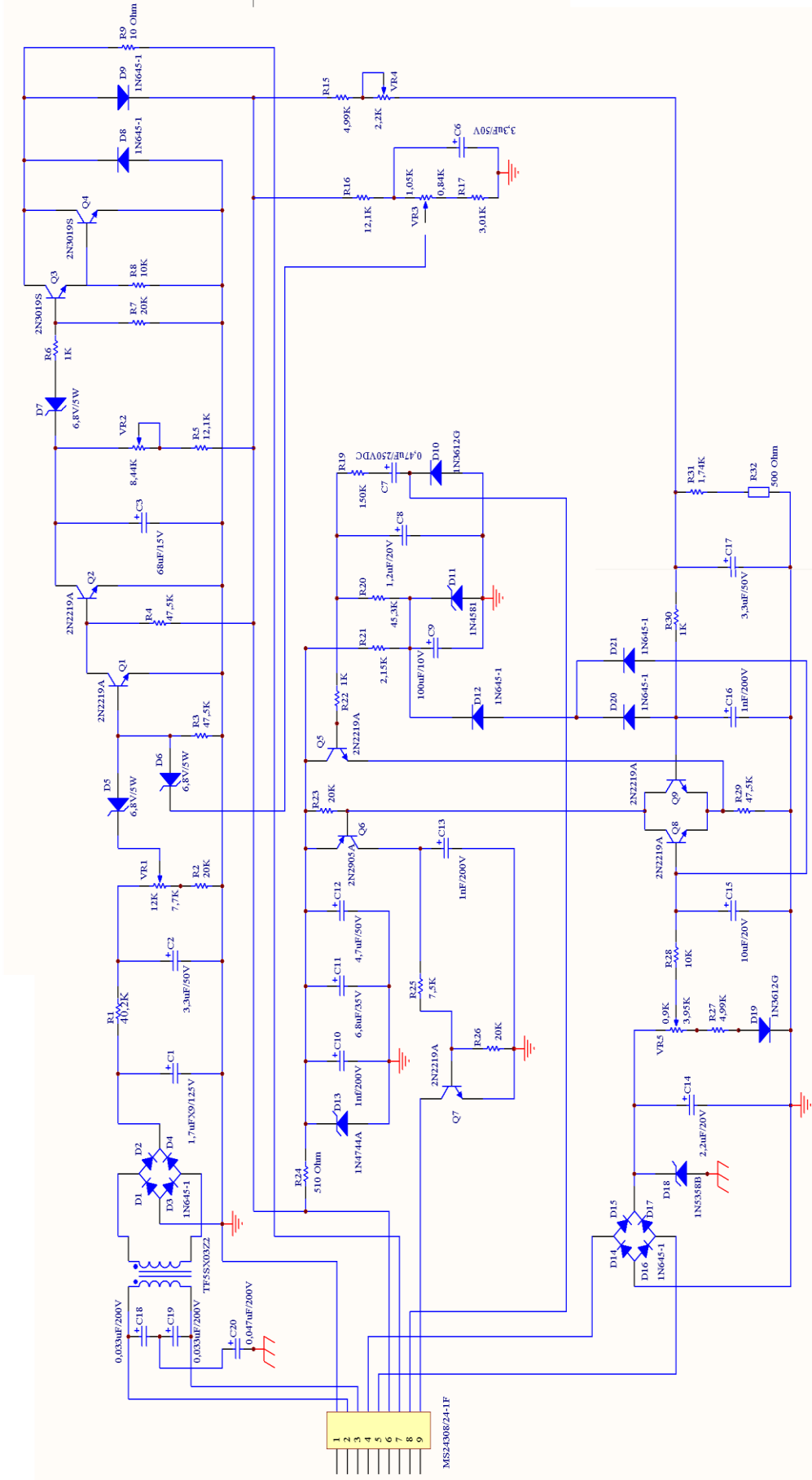
Şekil 3.1. Genel Blok Şema

### **3.2. Gerilim Regülatörünün Yapısı**

Bu çalışmada incelenmekte olan gerilim regülatörü, düşük ve yüksek sıcaklıklarda çalışmaya elverişli, şok ve titreşime dayanıklı askeri standartlarda malzemeler ile üretilmiş; kontrol kartı ve çıkış kartı olarak adlandırılan iki adet devre kartından meydana gelmektedir. Kontrol kartının devre şeması Şekil 3.2.'de, çıkış kartının devre şeması Şekil 3.3.'te görülmektedir.

### **3.3. Gerilim Regülatörünün Çalışma Prensibi**

Regülatörün görevi şarj gerilimini belli bir değerde sınırlayarak sistemdeki bütün alıcıları yüksek gerilimden korumaktır. Regülâtör, rotor bobinine giden ikaz akımını, akım geri besleme ve gerilim geri besleme sinyalleri ile motorun değişik devirlerine göre ikaz akımını açıp kapamak veya zayıflatmak suretiyle rotor bobininde oluşan manyetik alanının şiddetini değiştirerek gerilimi sabitler. Böylece jeneratör tarafından üretilen gerilim, değişen motor devrine göre sabitlenmiş olur. Aşırı gerilim geri besleme sinyali nominal değeri aşması durumunda aşırı gerilim sınırlama rölesi devreye girmektedir.

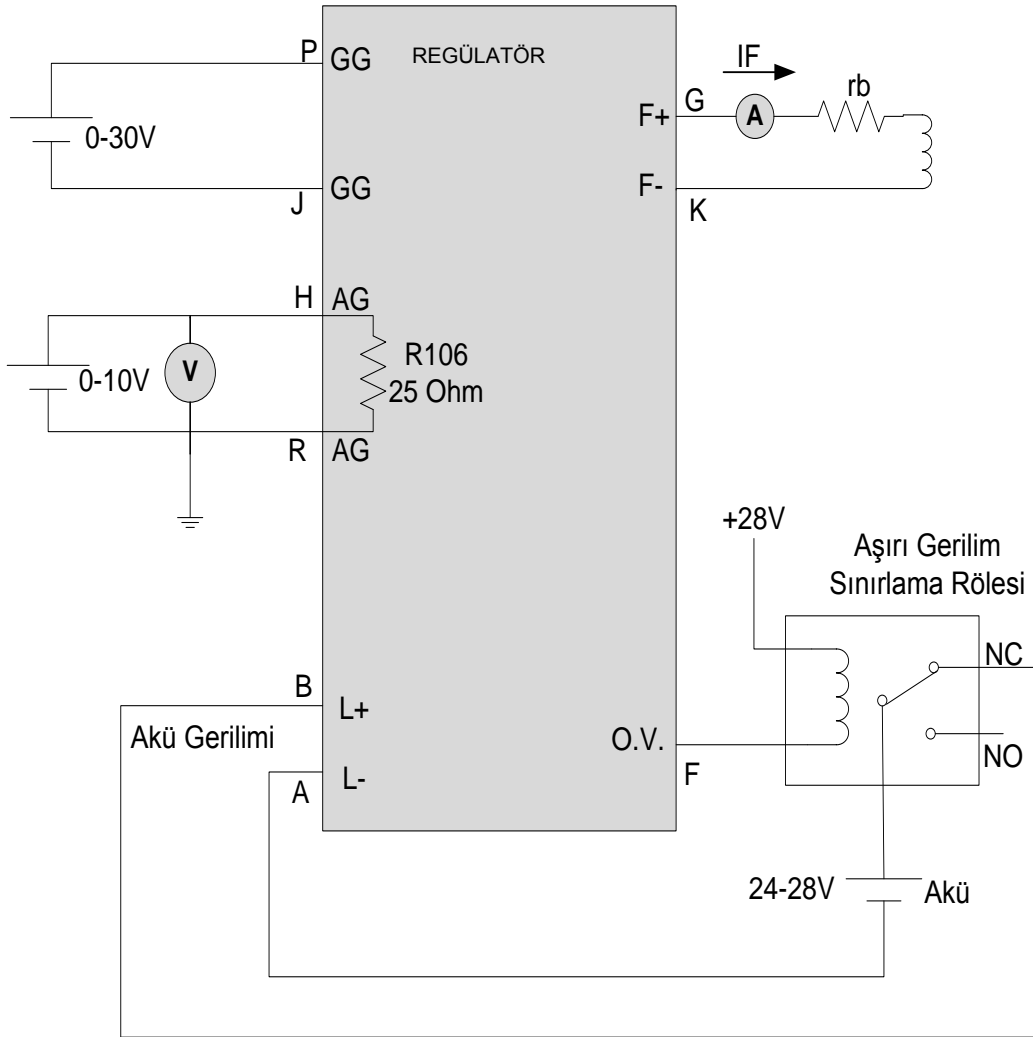


Şekil 3.2. Kontrol Kartı Devre Şeması



## BÖLÜM 4. GERİLİM REGÜLATÖRÜNÜN ANALİZİ

Aşağıdaki blok diyagramda regülatörün, aşırı gerilim sınırlama rölesi ile jeneratörün uyarım bobininin uçları, akım trafosundan çıkan akım geri besleme sinyal çıkışı, gerilim geri besleme sinyal uçları ve jeneratörde bulunan üç faz doğrultucu çıkışından alınan akü besleme uçları ile olan bağlantısı görülmektedir.



Şekil 4.1. Regülatörün Blok Diyagramı



#### **4.1. Jeneratörü Devreye Alma İsteği**

Ana güç anahtarı açık konumuna getirildiğinde akülerden enerji sağlanarak, kontrol sistemine jeneratörü devreye alma isteğini otomatik olarak vermiş olur. Marş motoru anahtarının açık konumuna alınması ile dizel motorun marş sistemi devreye girmekte ve jeneratörün gerilim üretmeye başlaması ile de marş sistemi devreden çıkmaktadır.

#### **4.2. Jeneratör Çalıştı Sinyali**

Jeneratör çalıştı sinyali jeneratörün gerilim üretmeye başladığını belirten röledir. Bu röle jeneratörün ürettiği gerilimin belirli bir seviyenin üzerine çıkmaması ile enerjilenir. Böylece röle kontakları aracılığıyla ilgili kontrol sistemlerine jeneratör çalıştı sinyali gönderilir. Bu sinyal gelmediği sürece kontrol sisteminin ikazı minimum seviyede tutularak jeneratörün ilk çalışması durumunda gerilimin aşırı yükselmesi engellenmiş olur. Ayrıca jeneratör çalıştı sinyali gelmediği sürece aküden zayıf uyarım akımı çekilmesi ile akünün gereksiz yere deşarjı engellenmiş olur.

#### **4.3. Gerilim Geri Beslemesi**

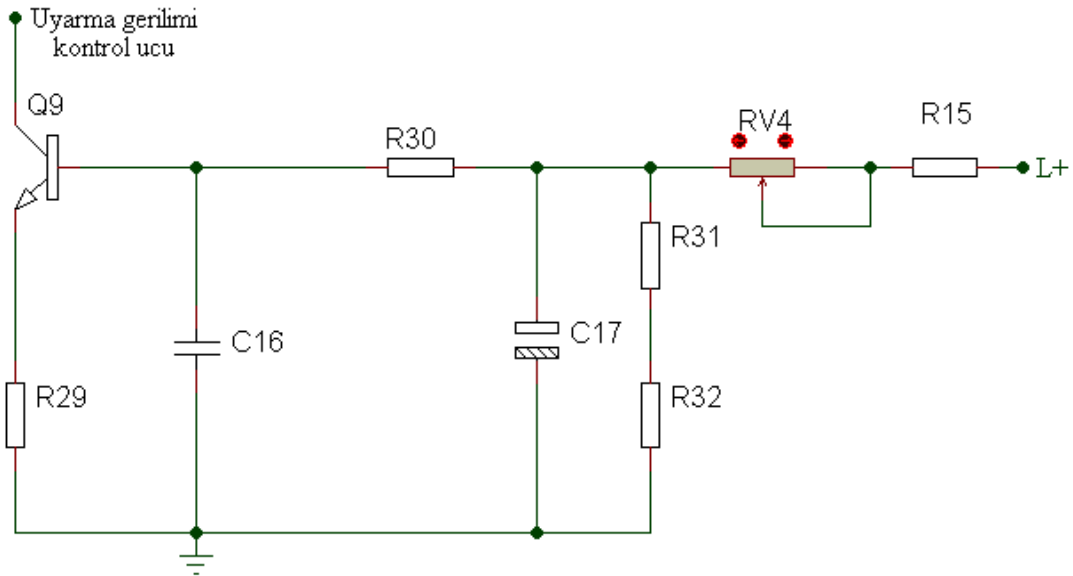
Gerilim geri beslemesi iki farklı yerden algılanmaktadır. Bunlardan birincisi faz gerilimlerinin gerilim regülatörünün kontrol kartında bulunan köprü doğrultucu ile doğrultulması neticesinde elde edilen dc gerilim seviyesinin değerlendirilmesi, diğerisi ise jeneratörün kendi üzerinde bulunan üç fazlı doğrultucu ile doğrultulan ve akü gerilimi olarak adlandırılan gerilim seviyesinin değerlendirilmesi şeklinde olmaktadır.

Gerilim geri beslemesinin iki farklı yerden yapılmasının sistemin güvenliği açısından bazı sebepleri vardır. Bunlardan biri; jeneratörde bulunan üç fazlı doğrultucu diyotlardan herhangi birinin arızalanması durumunda sistem elemanlarının aşırı gerilime maruz kalmadan korunması amacıyla faz uçlarındaki gerilimin ayrıca doğrultularak geri besleme alınması kontrol güvenliğini arttırmak amacını taşımaktadır.

Akü girişlerinde bulunan şarj sigortasının atması durumunda akü uçlarından okunan gerilim değeri sabit gibi görünürken, jeneratörün ürettiği gerilimin tehlikeli değerlere ulaşmasını engellemek bir diğer güvenlik önlemidir.

#### 4.4. Akü Gerilimi Geri Besleme Bloğu

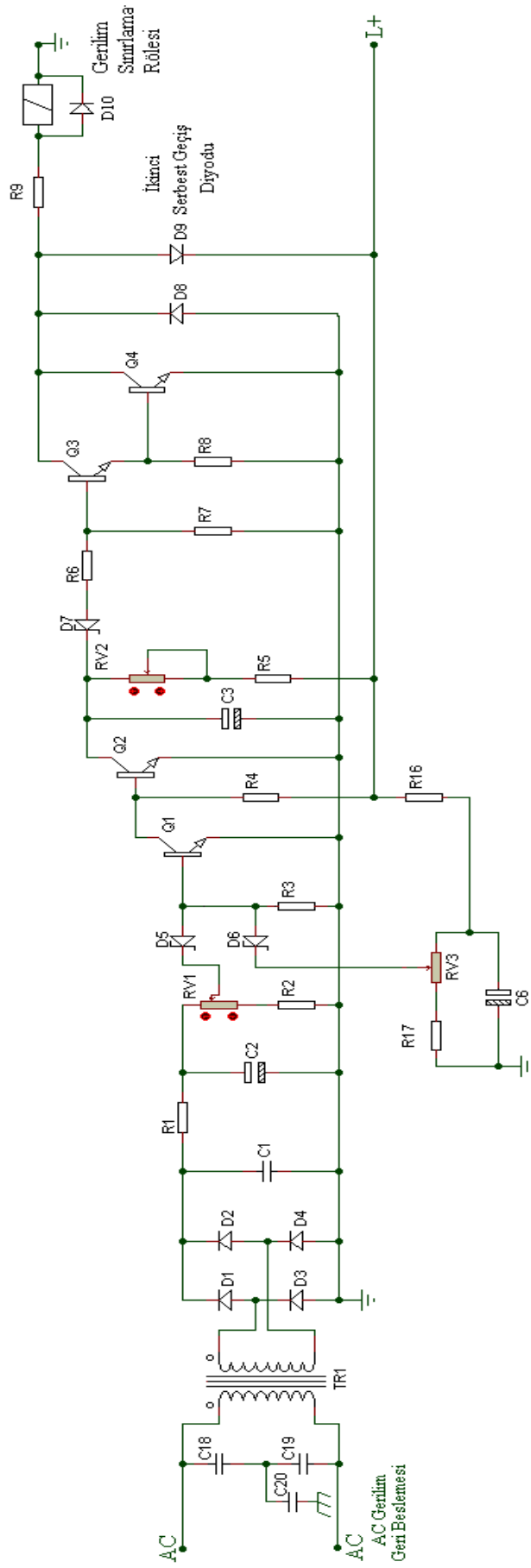
Akü gerilimi, R15 direnci üzerinden RV4 opampı ile gerilim seviyesi ayarlanarak Q9 transistörünün bazına iletilmektedir. Q9 transistörünün iletme girmesi ile ana kontrol bloğunda bulunan Q6 transistörü iletme girerek uyarım bobinine giden ikaz akımını denetlemektedir.



Şekil 4.2. Akü Gerilimi Geri Besleme Bloğu

#### 4.5. Aşırı Gerilim Kontrol Bloğu

Aşırı gerilim kontrol bloğu ile jeneratörün iki fazı arasındaki ac gerilimin ile akünün dc gerilimin seviyesinin, limit değerleri aşması durumu kontrol edilmektedir. Limit değerlerin aşılması durumunda aşırı gerilim sınırlama rölesinin devreye girmesi sağlanır. Böylece sistemin aşırı gerilimden korunması sağlanmış olmaktadır (Şekil 4.3.).

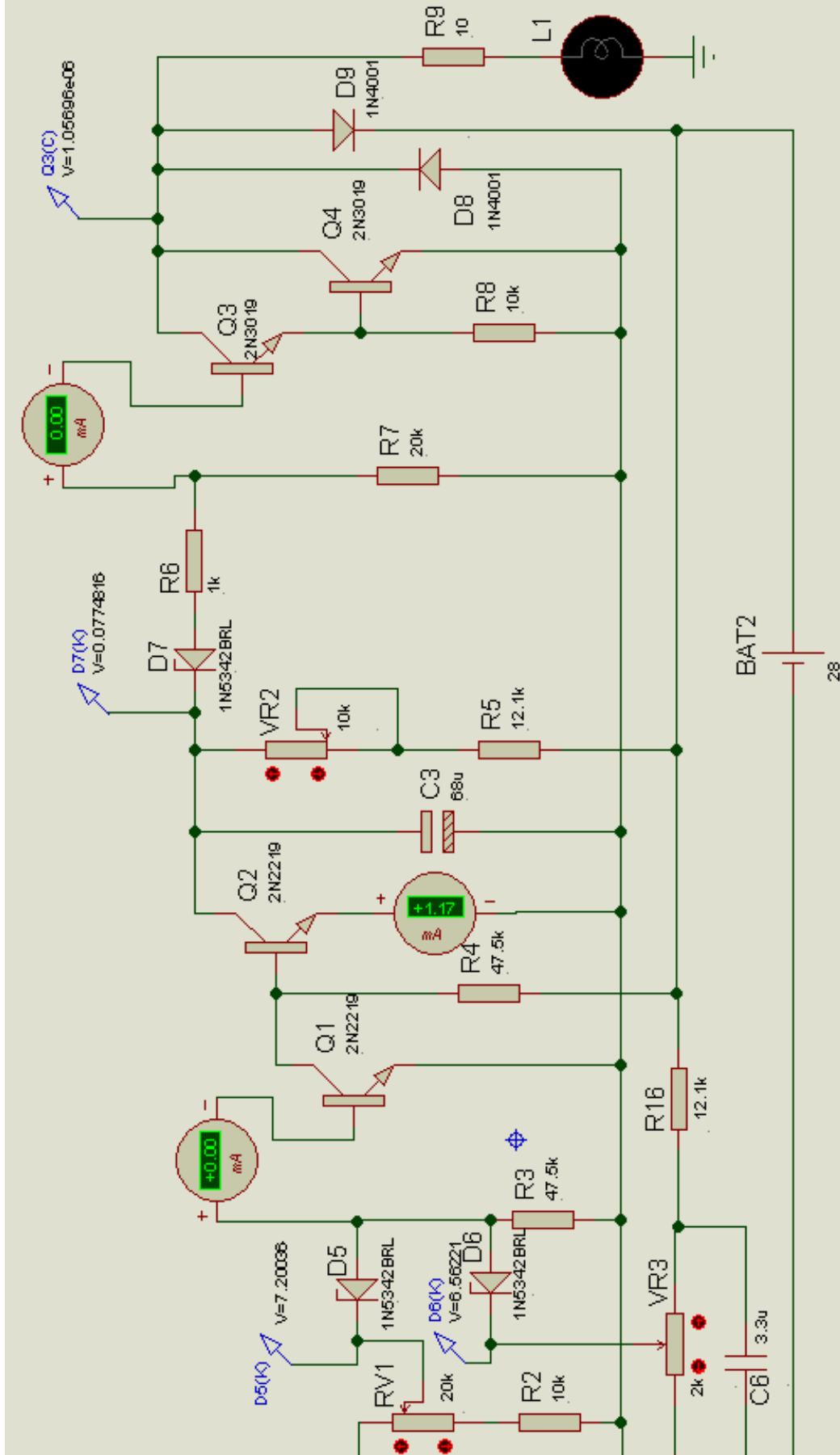


Şekil 4.3. Aşırı Gerilim Kontrol Bloğu

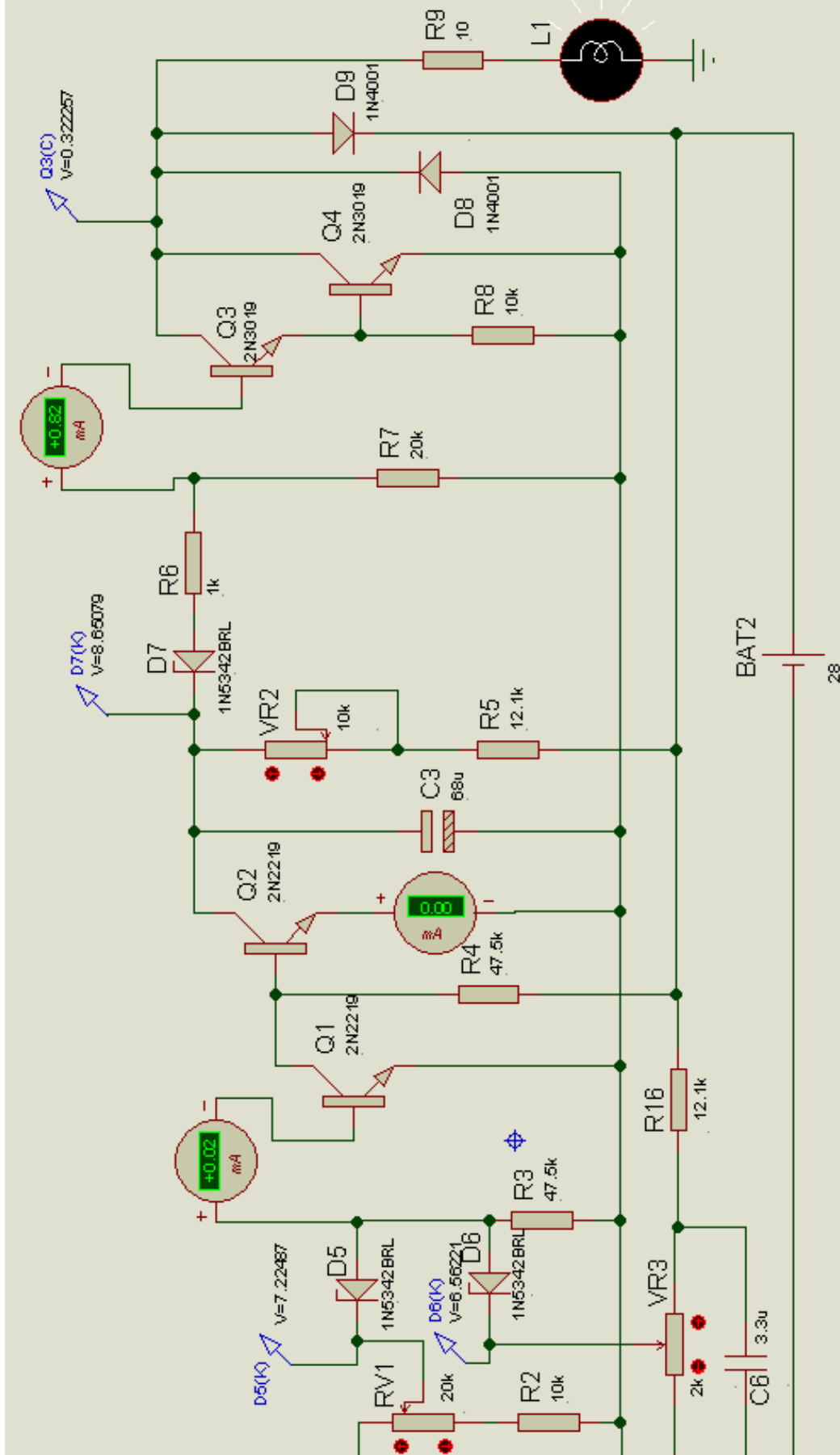
#### 4.5.1. Jeneratör geriliminin aşırı gerilim kontrol bloğu ile kontrolü

Aşırı gerilim kontrol bloğuna, aşırı gerilim geri besleme ucundan (jeneratörün iki fazı arasındaki gerilim) gelen gerilim transformatörün primerine verilir. Transformatörün sekonderine bağlı olan köprü doğrultucu buna paralel bağlı C1 kondansatörü ve RC filtre aracılığı ile düzgün bir dc gerilim seviyesi elde edilir. Bu gerilim VR1 opampı ile bölünerek gerilim seviye denetimi yapan D5 zener diyotunun katot ucuna gelir. D5 zener diyot gerilim değerinin, zener seviyesini aşması durumunda Q1 transistörün bazından  $I_b$  akımının geçmesiyle Q1 transistörü ilettime girer. Bu transistörün ilettime girmesi ile R4 direnci üzerinden akan akımla iletimde olan Q2 transistörünün baz akımı kısa devre olur ve transistör kesime girer. Q2 transistörünün kesime girmesi ile D7 zenerinin katot ucunda, zener seviyesini aşan bir gerilim oluşur. Böylece Q3 ve Q4 darlington transistör çiftinin ilettime girmesi ile R9 direnci üzerinden aşırı gerilim sınırlama rölesi devreye girerek sistem aşırı gerilimden korunmuş olur.

Simülasyonda aşırı gerilim sınırlama rölesinin devreye girmesi R9 direncine seri bağlanmış lamba ile gösterilmektedir. Lamba jeneratör geriliminin ya da akü geriliminin sınır değerleri aşması durumunda yanmaktadır. Jeneratör geriliminin köprü diyot uçlarında okunan 20.1V değerine kadar Şekil 4.4.'te görüldüğü gibi lamba yanmamaktadır. Gerilim değeri 20.1V değerini aştığı zaman Şekil 4.5.'de görüldüğü gibi aşırı gerilim sınırlama rölesini temsil eden lamba yanmaya başlamaktadır.



Şekil 4.4. Jeneratörde Üretilen Gerilimin Normal Seviyede Olması Durumu

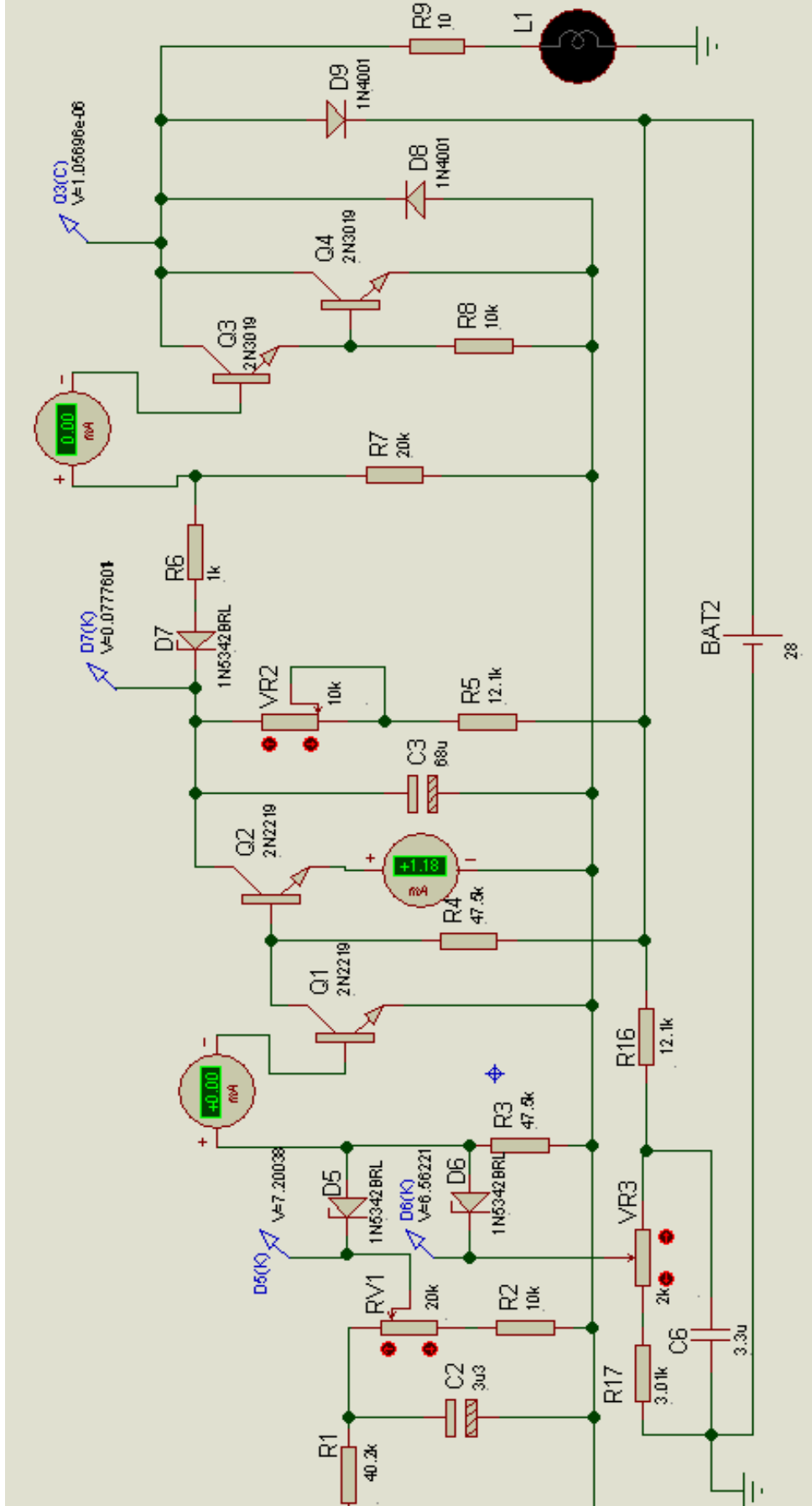


Şekil 4.5. Jeneratörde Üretilen Gerilimin Sınır Değerlerini Aşması Durumu

#### 4.5.2. Akü geriliminin aşırı gerilim kontrol bloğu ile kontrolü

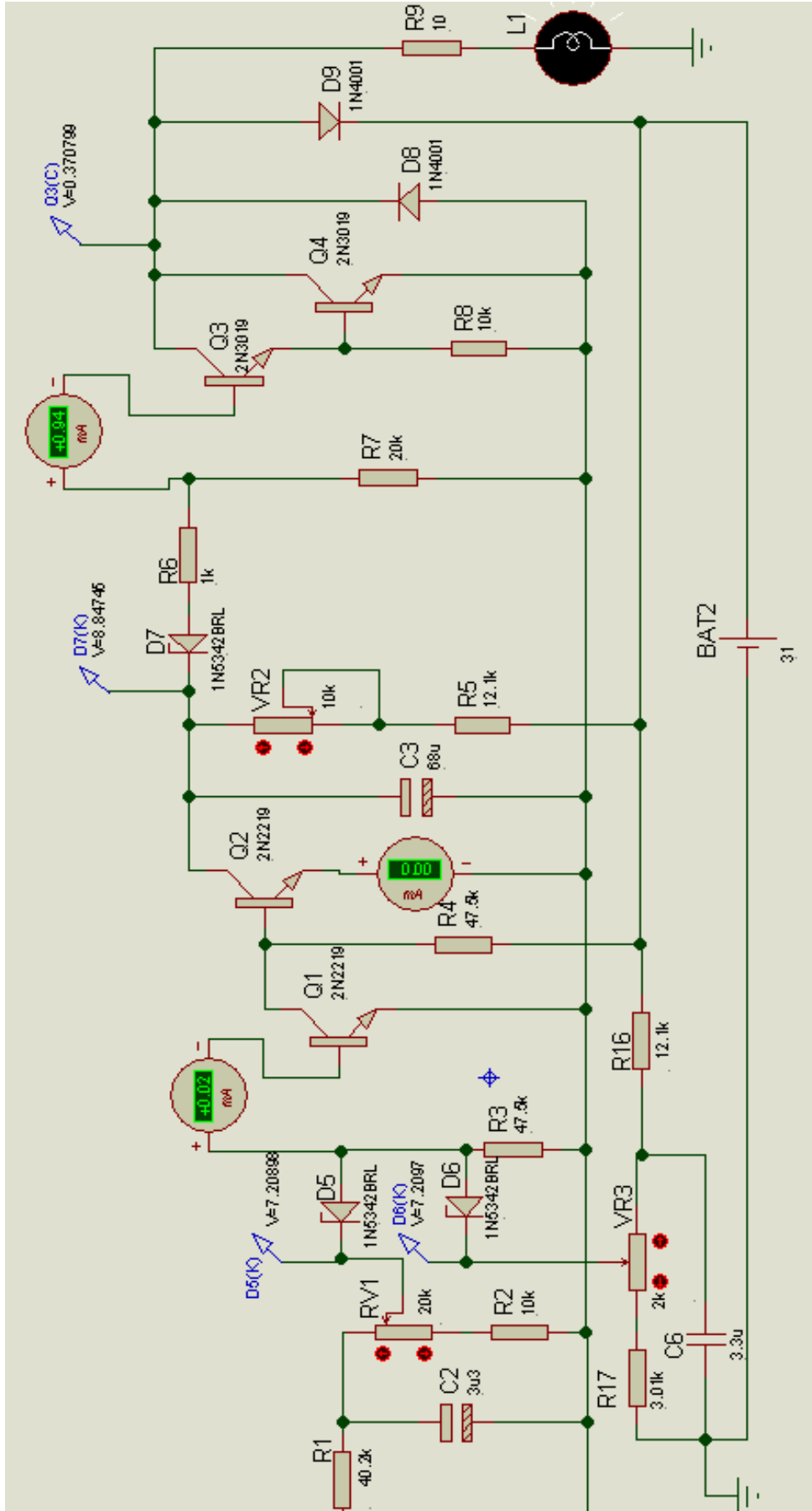
Akü gerilimi, R16 direnci ve VR3 opampı üzerinden D6 zener diyotun katot ucuna iletilir. Akü gerilimi sınır değeri aştığı zaman D6 diyotunda zener seviyesini geçen bir gerilim oluşmasıyla Q1 transistörü iletime girmektedir. Bu transistörün iletime girmesi ile R4 direnci üzerinden akan akımla iletimde olan Q2 transistörünün baz akımı kısa devre olur ve transistör kesime girer. Q2 transistörünün kesime girmesi ile D7 diyotunun katot ucunda, zener seviyesini aşan bir gerilim oluşur. Böylece Q3 ve Q4 darlington transistör çifti iletime girerek R9 direnci üzerinden aşırı gerilim sınırlama rölesi devreye girmesi sağlanır.

Şekil 4.6.'da akü geriliminin 28V olduğu durumdaki simülasyonu görülmektedir. Akü gerilimi normal seviyede olduğu için aşırı gerilim sınırlama rölesini temsil eden L1 lambası yanmamaktadır. Akü gerilimi 31V seviyesine çıktığı anda lambanın yandığı Şekil 4.7.'de görülmektedir.

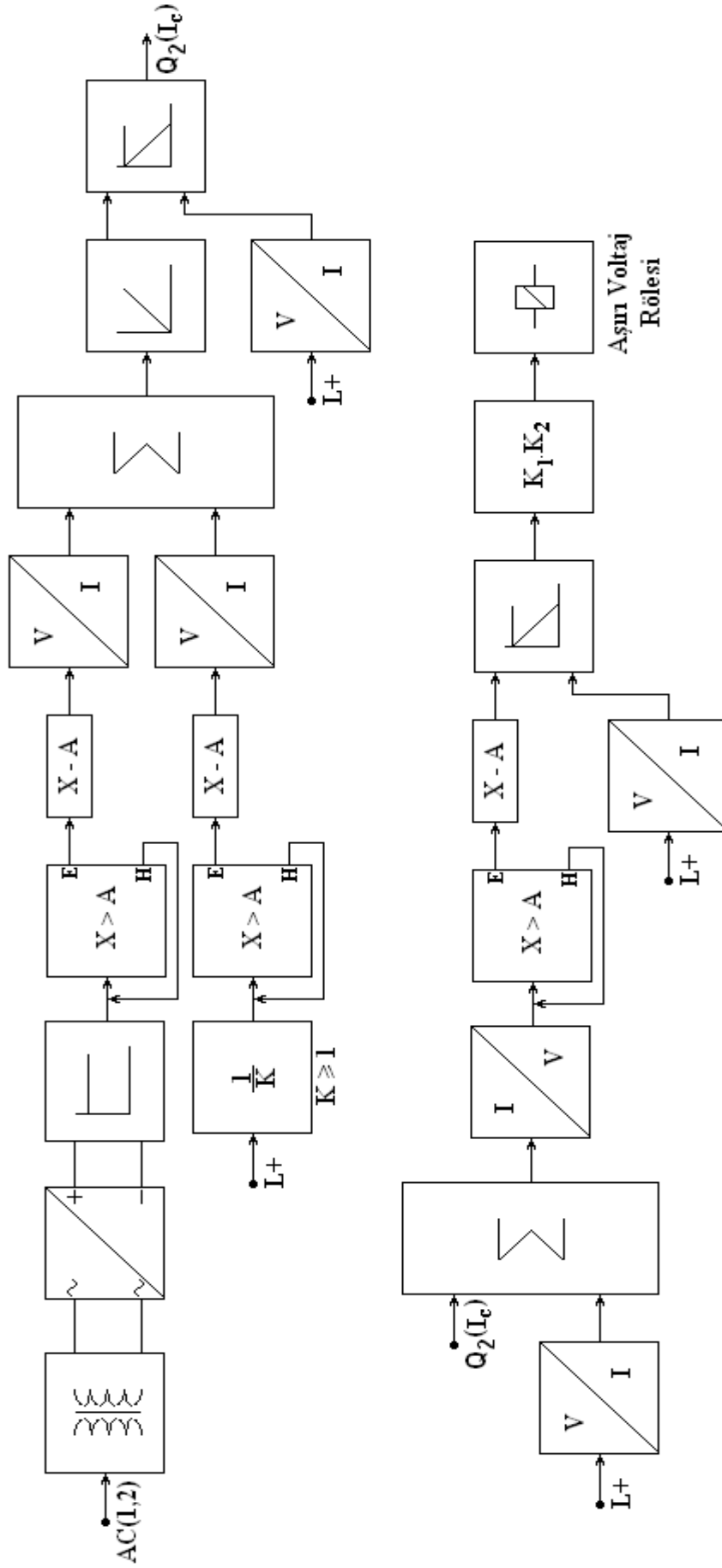


Şekil 4.6. Akü Geriliminin Normal Seviyede Olması Durumu





Şekil 4.7. Akü Geriliminin Sınır Değerlerini Aşması Durumu

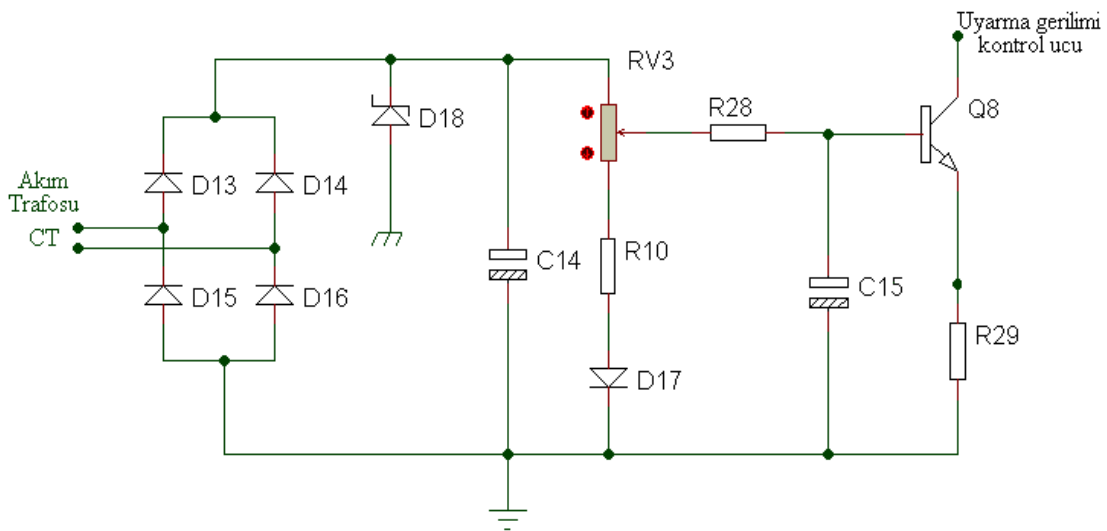


Şekil 4.8. Aşırı Gerilim Kontrol Devresi Blok Şeması

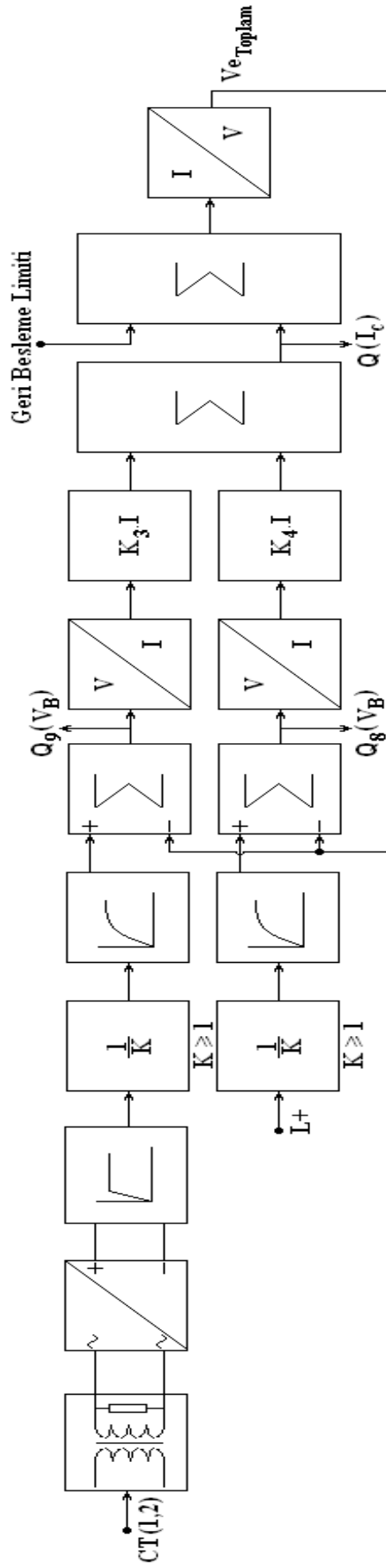
#### 4.6. Aşırı Akım Kontrol Bloğu

Aşırı akım kontrol bloğu için aşırı akım geri beslemesi girişi olarak alınır. Akım transformatörünün boşa kalması sakıncalı olduğundan akım trafosunu yükleyecek 25 ohm değerindeki R106 direnci akım transformatörünün sekonderine paralel bağlanır. Bu direnç üzerindeki gerilim, akımın şiddeti ile orantılı olarak değişir. Akımla orantılı olan bu gerilim, akım geri beslemesi olarak adlandırılır ve doğrultucu köprü diyotlar yardımıyla doğru gerilime dönüştürülür. Bu doğru gerilim seviyesi bir opamp aracılığı ile kollektörleri ve emiterleri birbirine bağlanmış npn transistör çiftinden Q8 transistörünün bazına uygulanır.

Geri besleme sisteminin değeri, merkezi ikaz denetim bloğundaki kontrol transistörlerine etki eder ve bu geri besleme değerine bağlı olarak ikazın kısıtlanması sağlanır. İkazın fazla kısıtlanmış olması çıkış kontrol katındaki uyarım bobinini süren transistörün kolektör geriliminin yükselmesine sebep olur. Kontrol gerilimindeki bu yükselme ana kontrol ünitesine geri besleme olarak alınır. Akım ve gerilim geri besleme sinyallerinin uygulandığı transistör çiftinin (Q8 ve Q9) emiter noktası üzerindeki emiter geri besleme direncinin (R29) yardımcı bir transistör aracılığıyla emiter gerilimi yükseltilerek geri besleme etkisinin aşırıya kaçması denetim altına alınmış olur (Şekil 4.9.).



Şekil 4.9. Aşırı Akım Kontrol Bloğu



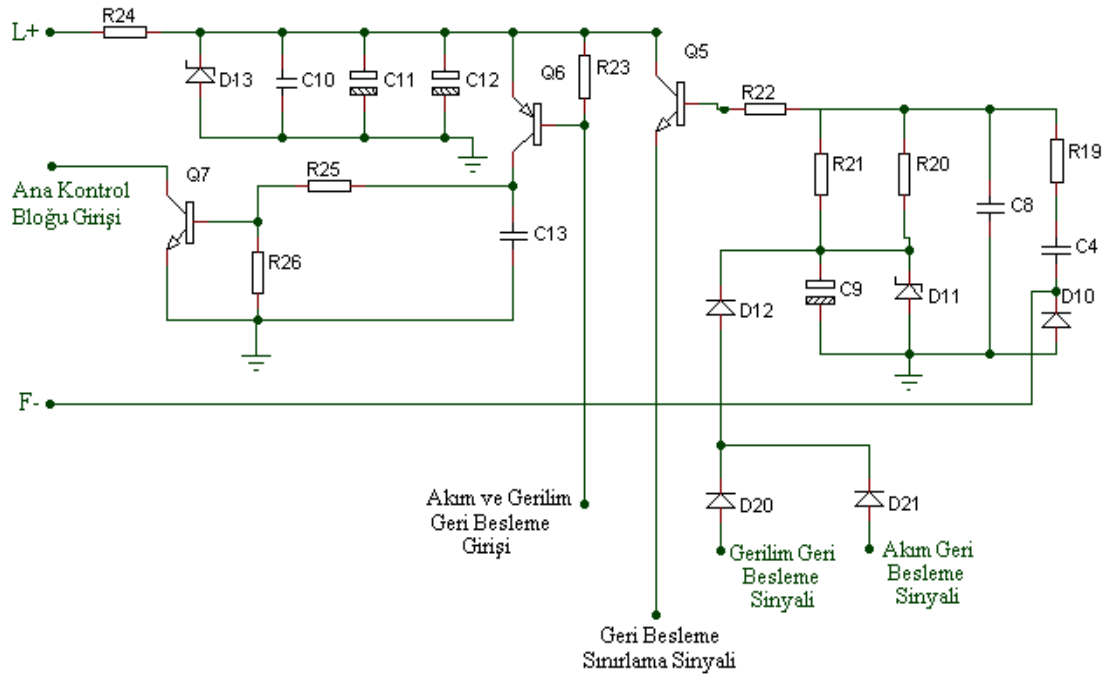
Şekil 4.10. Aşırı Akım Kontrol Devresi Blok Şeması

#### 4.7. Ana Kontrol Bloğu

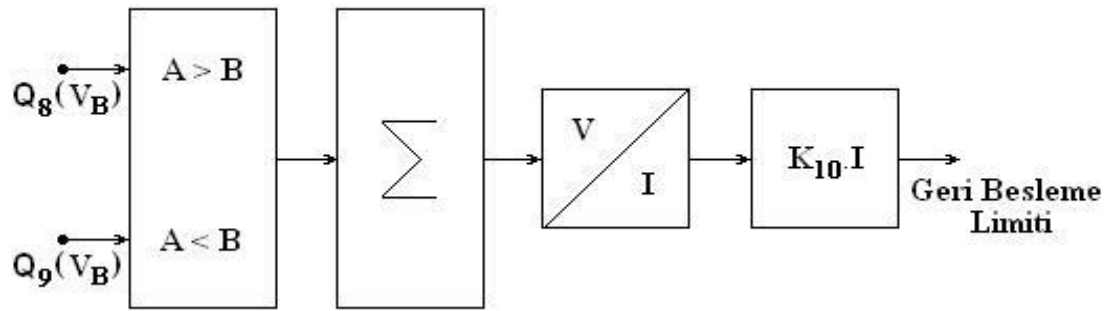
Ana kontrol bloğu bir tane akım ve gerilim geri besleme katının birleşik transistörlerinin doyuma gitmesini engelleyen yardımcı transistör (Q5), akım ve gerilim ikili geri besleme sisteminin kontrol ettiği pnp ve npn yükseltici ikili transistörleri (Q6 ve Q7) ile çıkış katındaki transistörlerin denetimini sağlayan bir yapıdan oluşmaktadır.

Aşırı akım kontrol bloğunda bulunan Q8 transistörünün bazında ve/veya akü gerilimi geri besleme bloğunda bulunan Q9 transistörünün bazında akım oluştuğunda bu transistör ya da transistörler ilettime geçerek ana kontrol bloğunda bulunan ve emiterinde R23 direnci olan Q6 pnp transistörünü ilettime sürer. Q6 transistörünün ilettime girmesi ile Q7 transistöründe ilettime girer. Böylece çıkış kontrol katında bulunan Q103 transistörünün baz akımı, Q7 transistörünün kollektör ucundan toprağa akar. Q6 ve Q7 transistör çiftinin ilettime girmesi ile çıkış kontrol katında bulunan transistör bloğunun kesime gitmesi sağlanmış olur. Bu sayede ikaz akımının değeri geri besleme etkisiyle orantılı olarak azaltılmış, çıkış akım ve gerilim değeri ise limit değerler içerisinde tutulmuş olur (Şekil 4.11.).

Aşırı akım kontrol bloğunda bulunan Q8 ve akü gerilimi geri besleme bloğunda bulunan Q9 transistörünün baz uçlarından ayrıca alınan gerilim ve akım geri besleme sinyalleri, ana kontrol devresinde bulunan Q5 transistörünü baz akımını kontrol etmektedir. Q5 transistörünün ilettime girmesi Q8 ve Q9 transistör çiftinin emitör ucunada bulunan R29 direnci üzerinde voltaj oluşmamaktadır. Böylece Q6 transistörünün doyuma gitmesinin önüne geçilmiştir.



Şekil 4.11. Ana Kontrol Bloğu

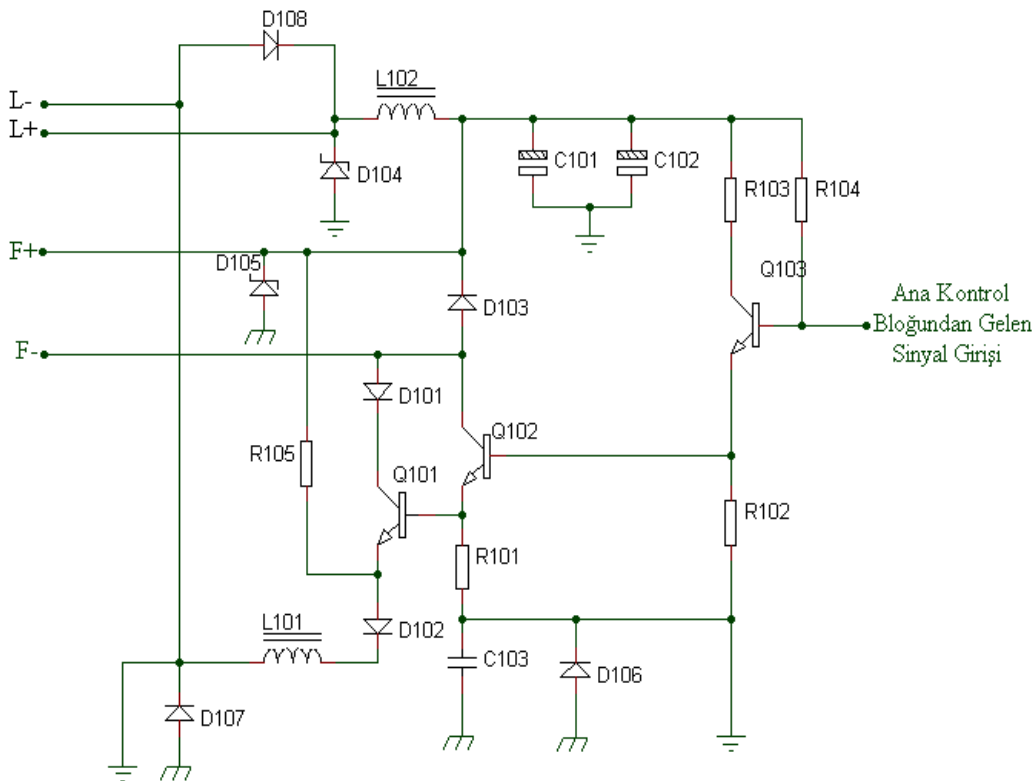


Şekil 4.12. Ana Kontrol Bloğu Blok Şeması

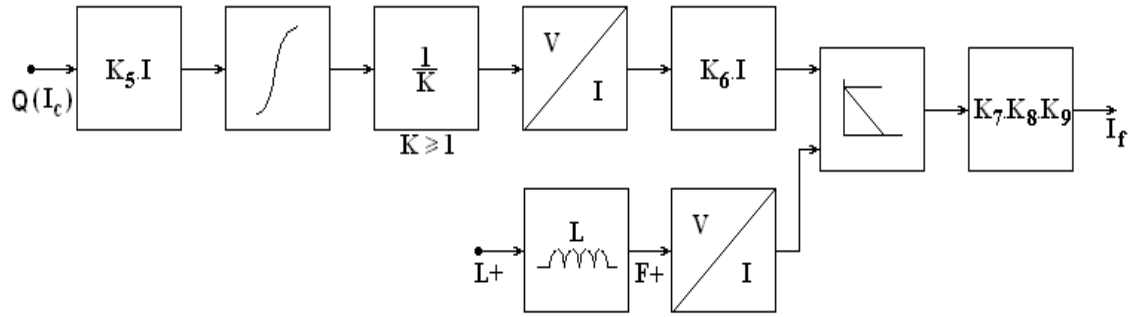
#### 4.8. Çıkış Kartı

İkaz bobinin girişi (F+), ikaz bobinin çıkışı (F-), akü geriliminin (-) ve (+) uçları olan (L-) ve (L+) gerilimleri, yıldız bağlı jeneratörün iki fazından alınan gerilim geri besleme ucu ve tek fazı üzerinde bulunan akım trafosunda alınan akım geri besleme uçları çıkış kontrol katına giriş olarak uygulanır (Şekil 4.13.).

Çıkış kontrol katı temel olarak üçlü transistör grubundan, ikaz bobinine ters paralel bağlı serbest geçiş diyotundan, nötr nokta diyotlarından ve oluşabilecek parazitlere karşı devreyi korumak amacıyla kullanılan bobin gibi elemanlardan oluşmaktadır. Üçlü transistör grubunda bulunan Q103 transistörü normal şartlarda iletime kutuplanmış npn transistördür. Bu transistörün baz noktasına bağlı olan ana kontrol bloğunda bulunan Q6 ve Q7 transistör çifti aracılığıyla baz akımı bölünerek iletim durumu denetlenir. Üçlü transistör grubunda bulunan Q102 ve Q101 transistör çifti ise darlington bağlı olup, Q103 transistörünün iletim durumuna göre uyarım bobininin F+ ve F- uçları arasında okunan ikaz akımını denetleyen güç transistörleridir.



Şekil 4.13. Çıkış Kartı



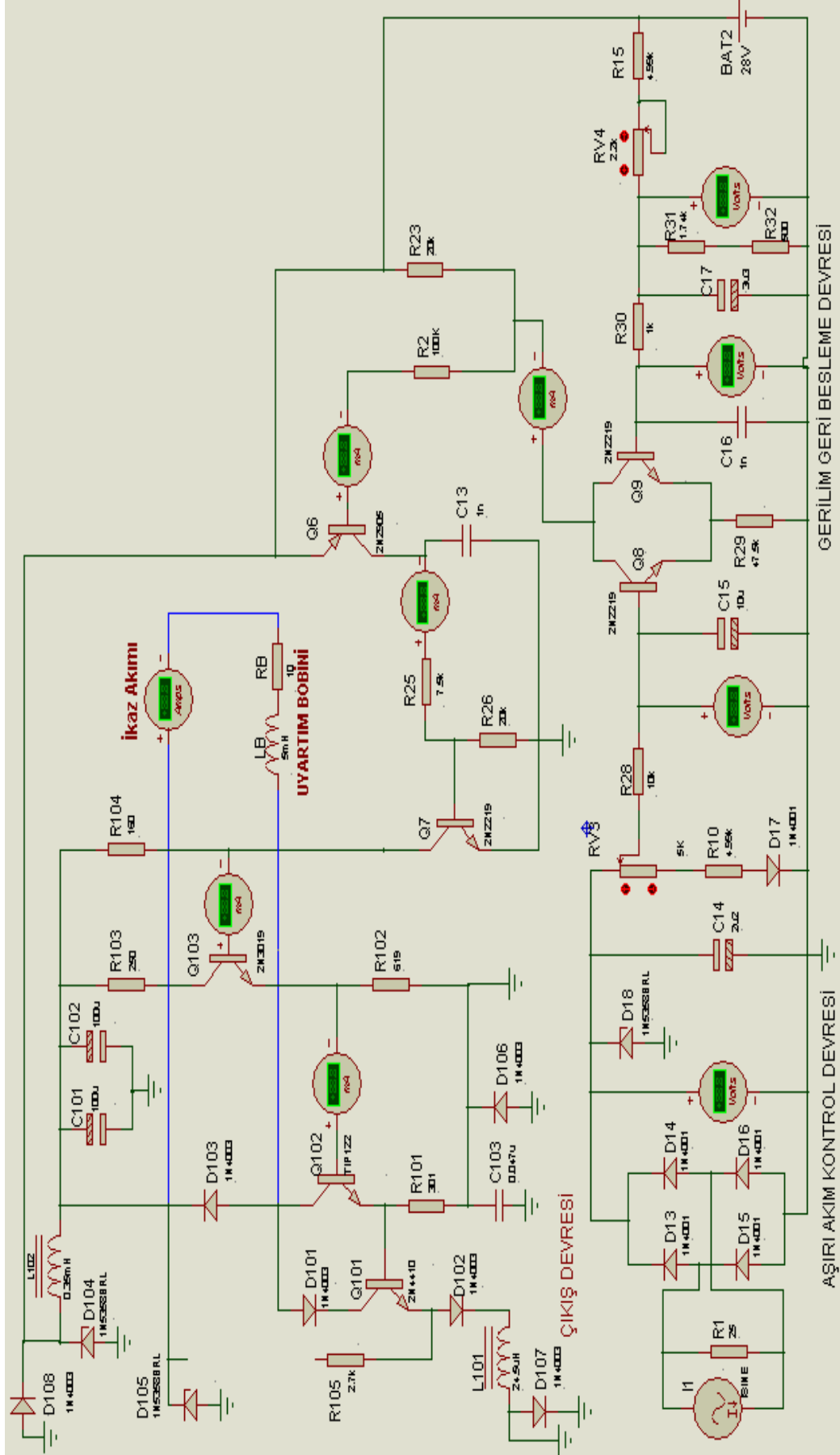
Şekil 4.14. Çıkış Kartı Blok Şeması

Şekil 4.15.'de aşırı akım kontrol bloğu, akü gerilimi geri besleme bloğu, ana kontrol bloğu ve çıkış kartının birbirleri ile olan bağlantıları tek bir şemada çizilmiştir. Giriş gerilim değerleri değiştirilerek devrenin farklı seviyelerdeki gerilimlere verdiği cevaplar simüle edilmiştir.

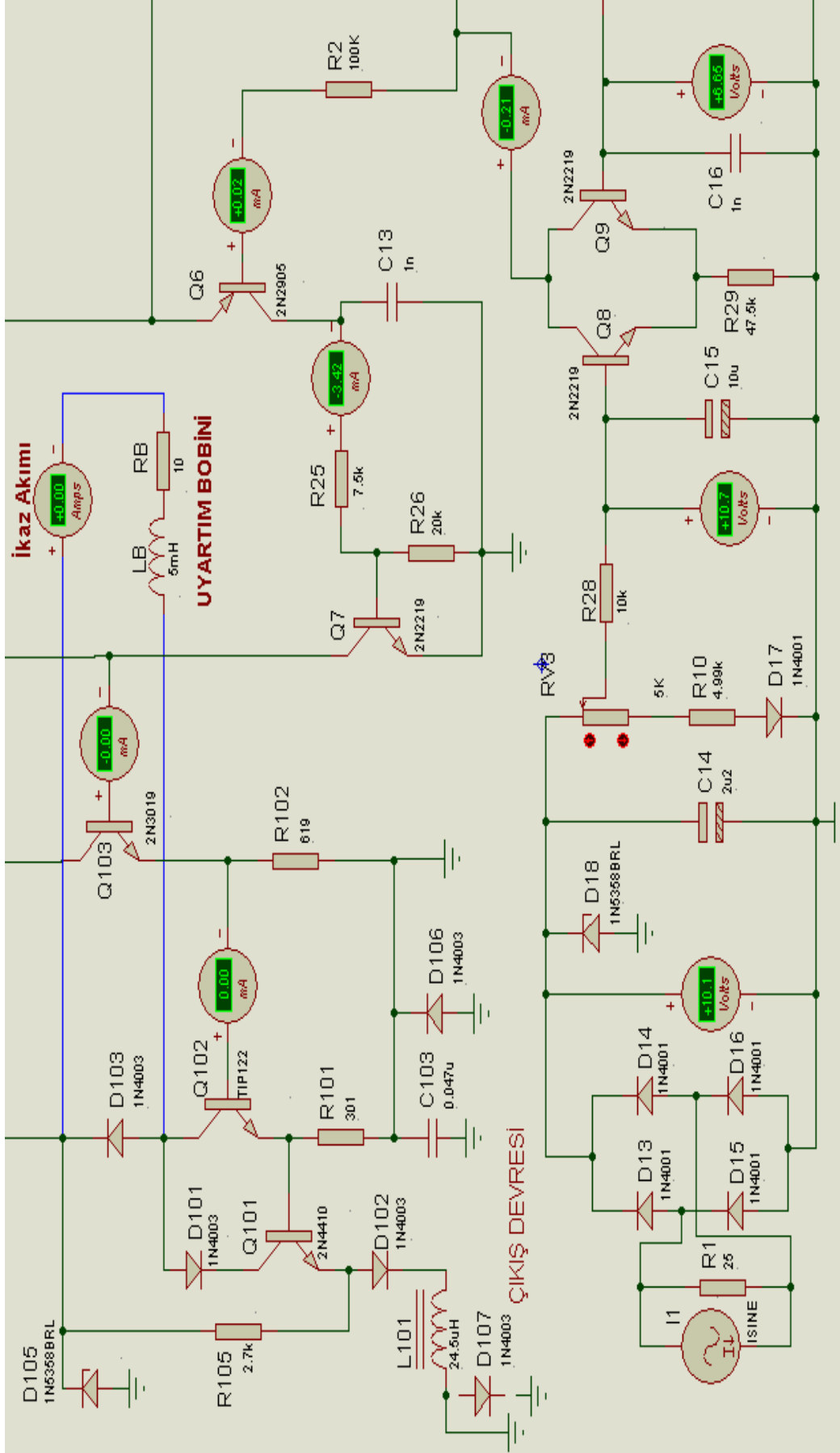
Şekil 4.16.'da jeneratörün R28 direnci üzerinden okunan iki faz arasındaki doğrultulmuş değeri 10.7 V değerine yükseldiğinde Q6 ve Q7 transistörlerinin iletimde olduğu ve çıkış kartında bulunan Q103, Q102 ve Q101 transistörlerinin kesime giderek uyarım bobinine giden ikaz akımını sıfırladığı görülmektedir.

Şekil 4.17.'de jeneratörün R28 direnci üzerinden okunan iki faz arasındaki doğrultulmuş gerilim değerinin 6.47 V seviyesine düşmesi durumunda çıkış kontrol bloğunda bulunan Q103, Q102 ve Q101 transistörleri iletime geçerek uyarım bobinine giden ikaz akımının azami değeri olan 2.07 Ampere çıkararak jeneratörün ürettiği akımın artırması sağlanır.

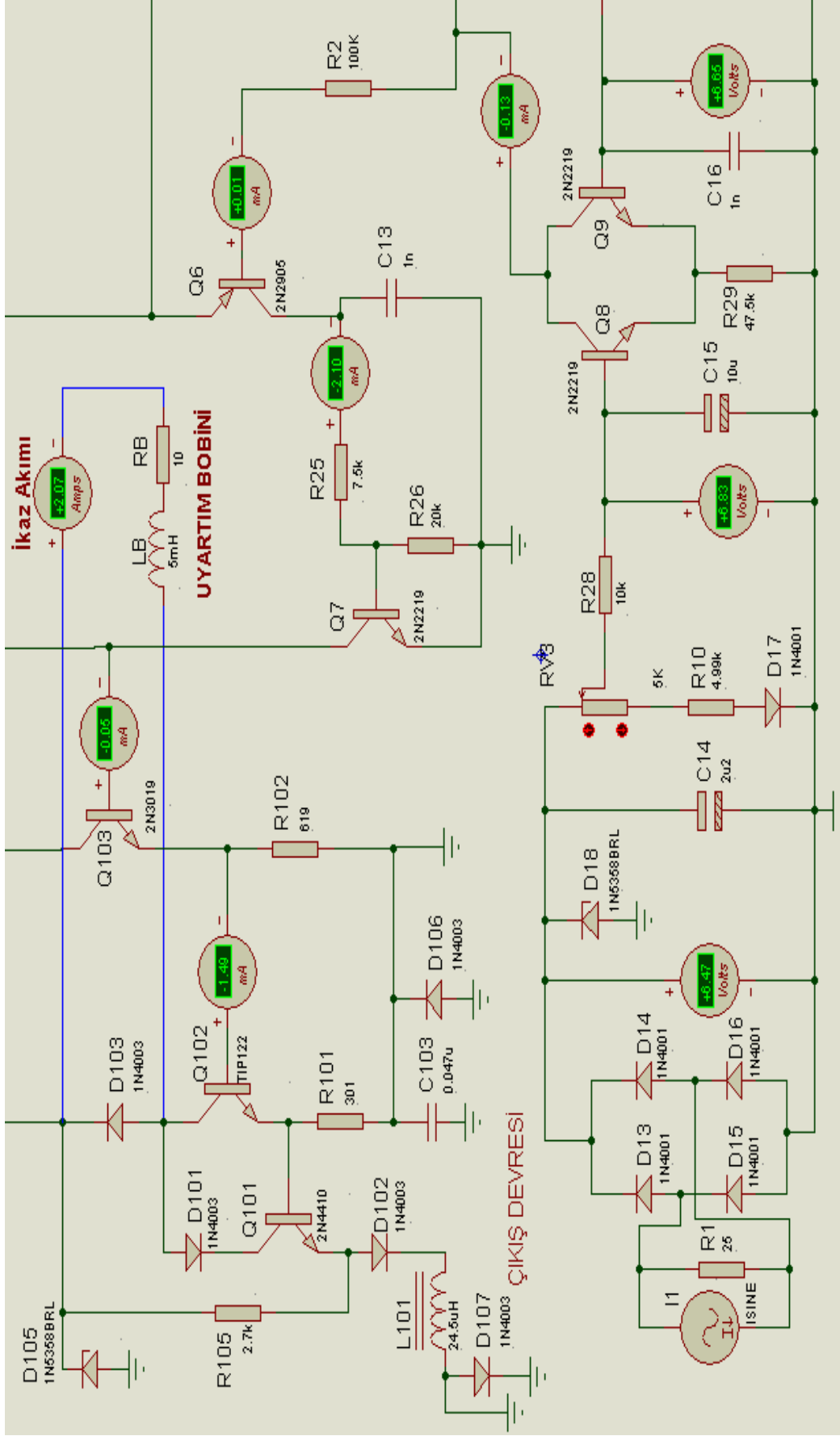




Şekil 4.15. Proteusla Çizilmiş Birleşik Devre



Şekil4.16. İkaz Akımının Minimum Değerinin Gösterimi



Şekil 4.17. İkaz Akımının Maksimum Değerinin Gösterimi

## **BÖLÜM 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER**

### **5.1. Sonuçlar**

Bu tez çalışmasında gerilim regülatörü incelenmiş ve proteus programı ile simülasyonu yapılarak çalışma prensibi anlatılmıştır. Gerilim regülatörü, uyarım bobinine giden ve jeneratörde indüklenen elektromotor kuvvetini ve beraberinde oluşan akımı kontrol ederek ikaz akımını denetlemektedir.

Akü gerilimi 31V değerine ya da jeneratörün doğrultulmuş iki fazı arasındaki gerilimi 21V değerine ulaştığında aşırı gerilim sınırlama rölesinin devreye girdiği görülmüştür.

Aşırı akım, gerilim geri besleme, ana kontrol ve çıkış kontrol blokları bir şema üzerinde çizilmiş ve giriş gerilim seviyesine bağlı olarak, 0A ile 2.07A arasında ikaz akımı üreterek uyarım bobinini kontrol ettiği görülmüştür.

### **5.2. Öneriler**

Bu çalışmada 28V ve 650A üreten bir jeneratörün kontrolü için tasarlanmış olan gerilim regülatörü incelenmiştir. Devre kartı üzerinde bulunan malzemeler değiştirilerek ve opampların direnç değerleri ayarlanarak regülatörün kontrol ettiği gerilim değeri değiştirilebilir.

## KAYNAKLAR

- [1] SCHLABBACH, J., Voltage Quality In Electrical Power System, Institution of Electrical Engineers, London, 2001.
- [2] PLONSEY, R., COLLIN, R., Principles and Applications of Electromagnetic Fields, Hill Book Company, New York, 1961.
- [3] HAYT, H.W, Engineering Electromagnetics, McGraw Hill, New York, 1989.
- [4] ÖZSOY, S., GÖRÜR, A., Elektromanyetik Alan Teorisi, Erciyes Üniversitesi Yayınları, Kayseri, 1994.
- [5] GÜRDAL, O., Elektromanyetik Alan Teorisi, Nobel Yayın Dağıtım Ltd.Şti., Ankara, 2000.
- [6] BAGOTSKY, V.S., Fundamentals of Electrochemistry, Wiley Interscience, New Jersey, 2006.
- [7] MEGEP Endüstriyel Otomasyon Teknolojileri, Devre Analizi-1, Ankara, 2007.
- [8] <http://w3.gazi.edu.tr/web/kersan/sarjsistemleriw.pdf> , Haziran 2010.
- [9] <http://80.251.40.59/science.ankara.edu.tr/aozansoy/induksiyon%20kanunu.pdf>, Haziran 2010.

## ÖZGEÇMİŞ

Songül Gündüz, 1981 yılında Muş' ta doğdu. İlk ve orta eğitimini Muş Varto Ortaokulunda okul 3'üncüsü, lise eğitimini İzmit Derince Lisesinde okul 5'incisi olarak tamamladı. 2004 yılında Süleyman Demirel Üniversitesi Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümünden mezun oldu. 2005 yılında Ankara Organize Sanayi Bölgesinde faaliyet gösteren Arda Makina Elektrik Ltd.Şti.'de satış mühendisi olarak çalıştı. Nisan 2007 tarihinden itibaren askeri bir fabrika olan 1'inci Ana Bakım Merkezi Komutanlığı'nda arge mühendisi olarak çalışmaktadır.