

ATEŞLEME DONANIMI

Prof. Dr. Ayten ONURBAŞ AVCIOĞLU
Ankara Üniversitesi Ziraat Fakóltesi
Tarım Makinaları ve Teknolojileri
MühendisliĐi Bölümü

İçten patlamalı motorlarda, yakıt-hava karışımı sıkıştırma zamanının sonunda, bujinin tırnakları arasında oluşan bir elektrik kıvılcımı yardımıyla tutuşturulmaktadır. **Kıvılcımın tam istenilen anda ve karışımı tutuşturacak nitelikte oluşmasını, ateşleme donanımı sağlamaktadır.** Bu amaçla, 6 V ya da 12 V olan akümülatör gerilimi, 6 000...24 000 V arasında bir değere yükseltilerek, buji tırnakları arasında elektrik arki oluşturmaktadır. Ayrıca, ateşleme zamanı da motorun yüklenmesine ve devir sayısına bağlı olarak, sistem tarafından otomatik bir biçimde ayarlanmaktadır.

Ateşleme donanımı üzerinde, son yıllarda önemli çalışmalar yapılarak, yeni sistemler geliştirilmektedir. Yaygın olarak kullanılan yöntemler 5 grup altında toplanabilir:

- 1.Klasik tip bobinli ateşleme donanımı,
- 2.Kesicili transistörlü ateşleme donanımı,
- 3.Transistörlü ateşleme donanımı,
- 4.Elektronik ateşleme donanımı,
- 5.Tam elektronik ateşleme donanımı.

Çizelge 8.1. Ateşleme donanımlarının gelişmesi.

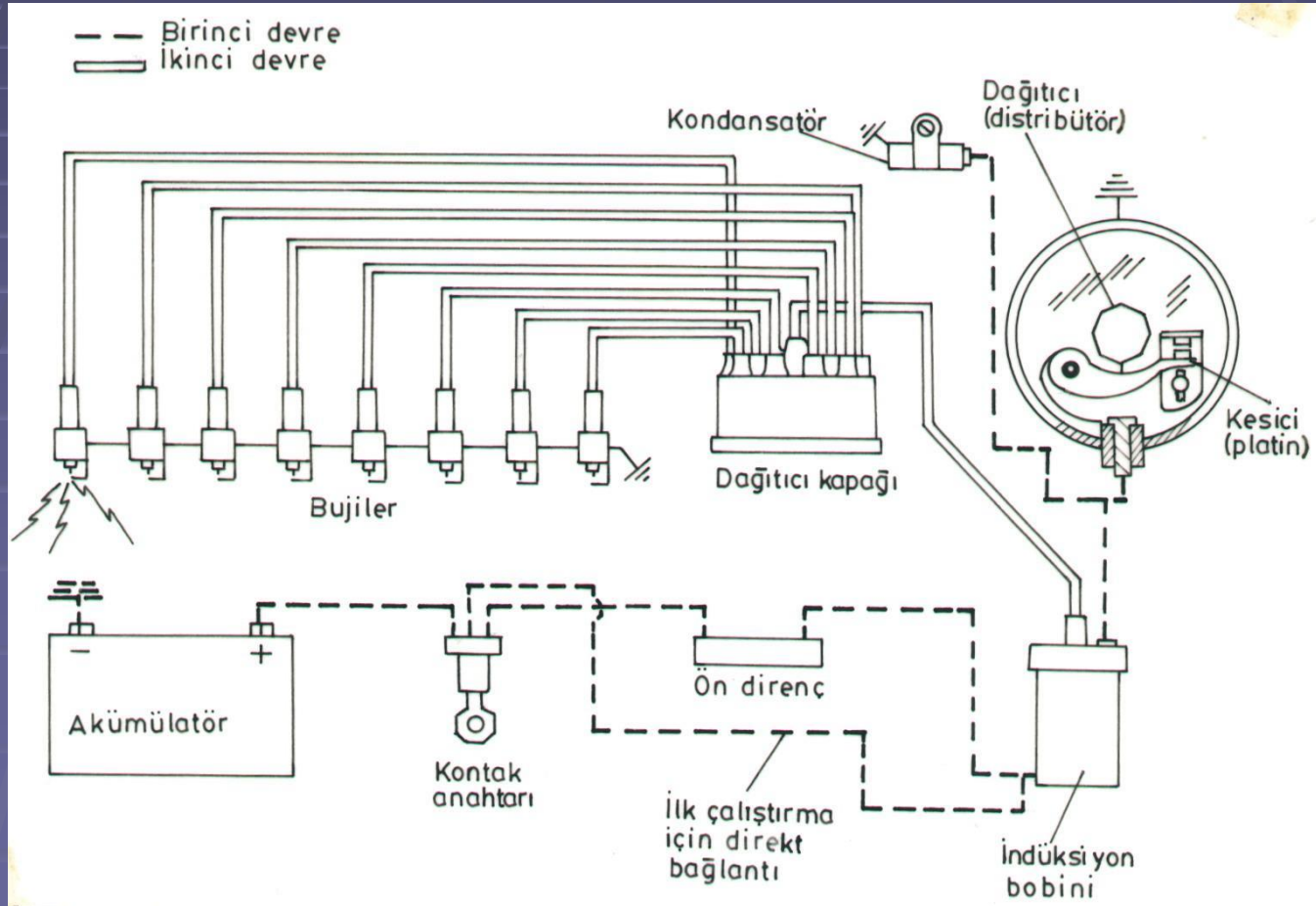
- Bu donanımların tümünde indüksiyon bobini bulunmaktadır. Diğer önemli organların, mekanik yapıdan elektronik yapıya doğru gelişimi Çizelge 8.1’de görülmektedir.

Ateşleme donanımı	Birinci devre akımının kesilme yöntemi	Ateşleme avansı oluşumu	İkinci devre akımının bujilere dağıtılması
Klasik tip bobinli a.d.	M	M	M
Kesicili transistörlü a.d.	M+E	M	M
Transistörlü a.d.	E	M	M
Elektronik a.d.	E	E	M
Tam elektronik a.d.	E	E	E

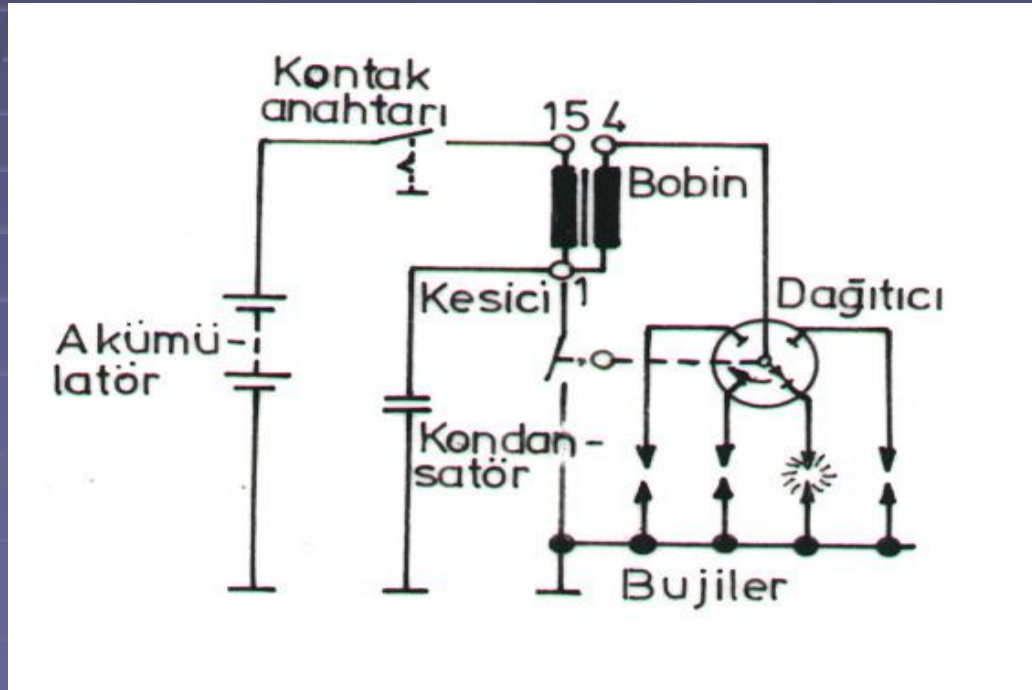
E: Elektronik, M: Mekanik

8.1. Klasik Tip Bobinli Ateşleme Donanımı

- Bu ateşleme donanımında, enerji kaynağı olarak akümülatör kullanılmaktadır. Sistemde yer alan başlıca elemanlar; kontak anahtarı, indüksiyon bobini, kesici (platin), kondansatör (meksefe), avans otomatığı, dağıtıcı (distribütör), bujiler ve kablolar olmaktadır (Şekil 8.1).

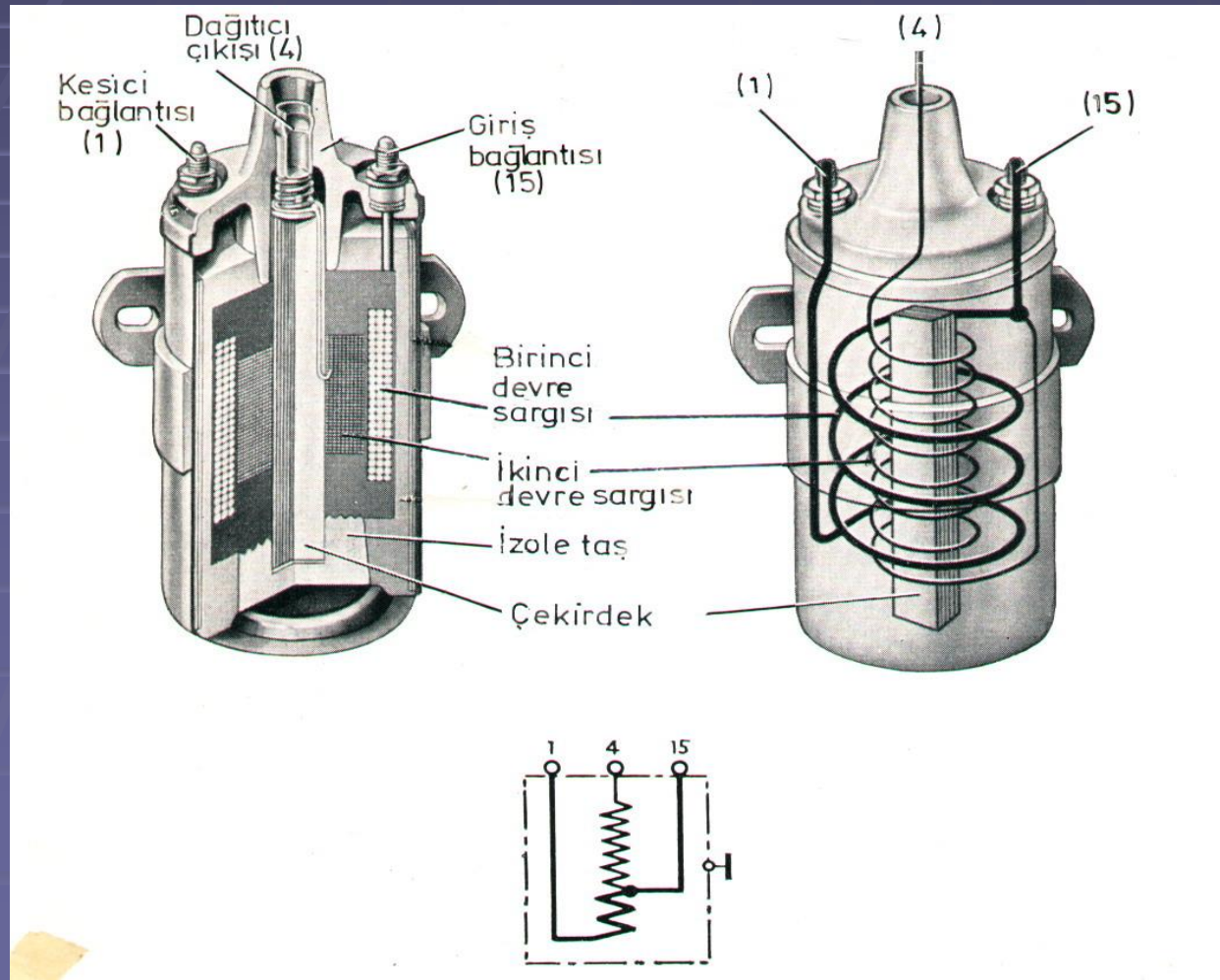


Klasik tip bobinli ateşleme donanımında iki devre söz konusudur. Birinci devrede, akümülatörün düşük geriliminin etkisi altında elektrik akışı olmaktadır. İkinci devrede ise, indüksiyon bobini aracılığıyla yükseltilmiş gerilimin etkisiyle elektrik akımı oluşmaktadır. Şekilden görüleceği gibi, birinci devre akımı; kontak anahtarı, indüksiyon bobini ve kesici üzerinden akmaktadır. Çoğu zaman devreye, bobinin önüne bir ön direnç konularak, bobinin aşırı şarj geriliminden korunması amaçlanmaktadır. Bu durumda, ilk çalıştırma yapılırken, direkt bağlantı ile ön direnç devre dışı bırakılmaktadır. Birinci devrede, kesiciye paralel bağlı, kesicinin açma başlangıcında oluşacak kıvılcım atlamalarını engellemeyi amaçlayan, bir kondansatör de yer almaktadır. İkinci devrede; indüksiyon bobinin ikinci devre sargıları, dağıtıcı, bujiler ve bağlantı kabloları bulunmaktadır.



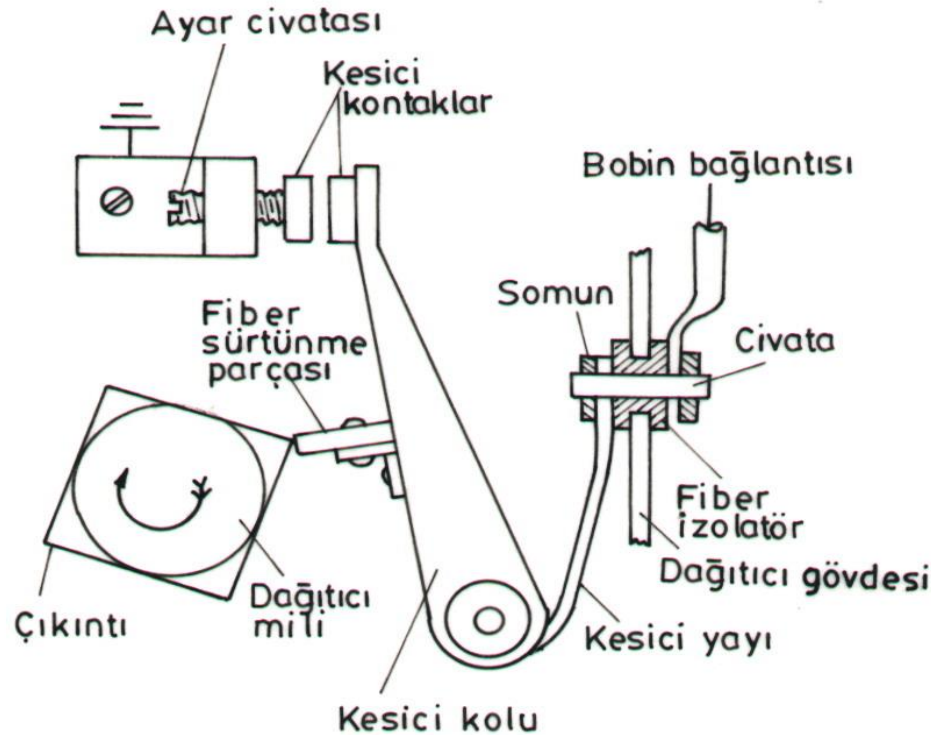
- **Devrenin çalışması:** Akümülatörden gelen birinci devre akımı; kontak anahtarı, indüksiyon bobininin 1. devre sargıları ve kesici üzerinden devresini tamamlamaktadır. Dağıtıcı mil üzerinde bulunan çıkıntılar, kesici kontaklarını tam ateşleme anında açmaktadır. Motorun devir sayısına ve silindir adedine bağlı olarak, kontaklar sürekli olarak açılıp kapanmaktadır. Buna bağlı olarak, bobinde meydana gelen manyetik alan değişimi, bobinin ikinci devresinde, yüksek gerilim oluşturmaktadır (Şekil 8.2).
- Bobinden alınan yüksek gerilim, dağıtıcı kapağının orta elektroduna gelmektedir. Oradan dağıtıcı makarası aracılığıyla alınarak, ateşleme sırası gelen silindirin bujisine gönderilerek, bujinin tırnakları arasında elektrik arkının oluşması sağlanmaktadır.
- Bu sistemde yer alan başlıca elemanların yapıları ve görevleri aşağıdaki gibidir

- **İndüksiyon bobini:** İndüksiyon bobini, ortada bulunan demir çekirdek üzerine sarılmış birinci ve ikinci devre sargıları ile bunları dış ortama karşı izole eden bobin kutusundan oluşmaktadır (Şekil 8.3). Bobinin birinci devre sargıları kalın ve az sarımlı, ikinci devre sargıları ise, ince ve çok sarımlıdır. Demir çekirdek, ince sac levhaların araları yalıtılarak üst üste yerleştirilmesiyle oluşturulmuştur.



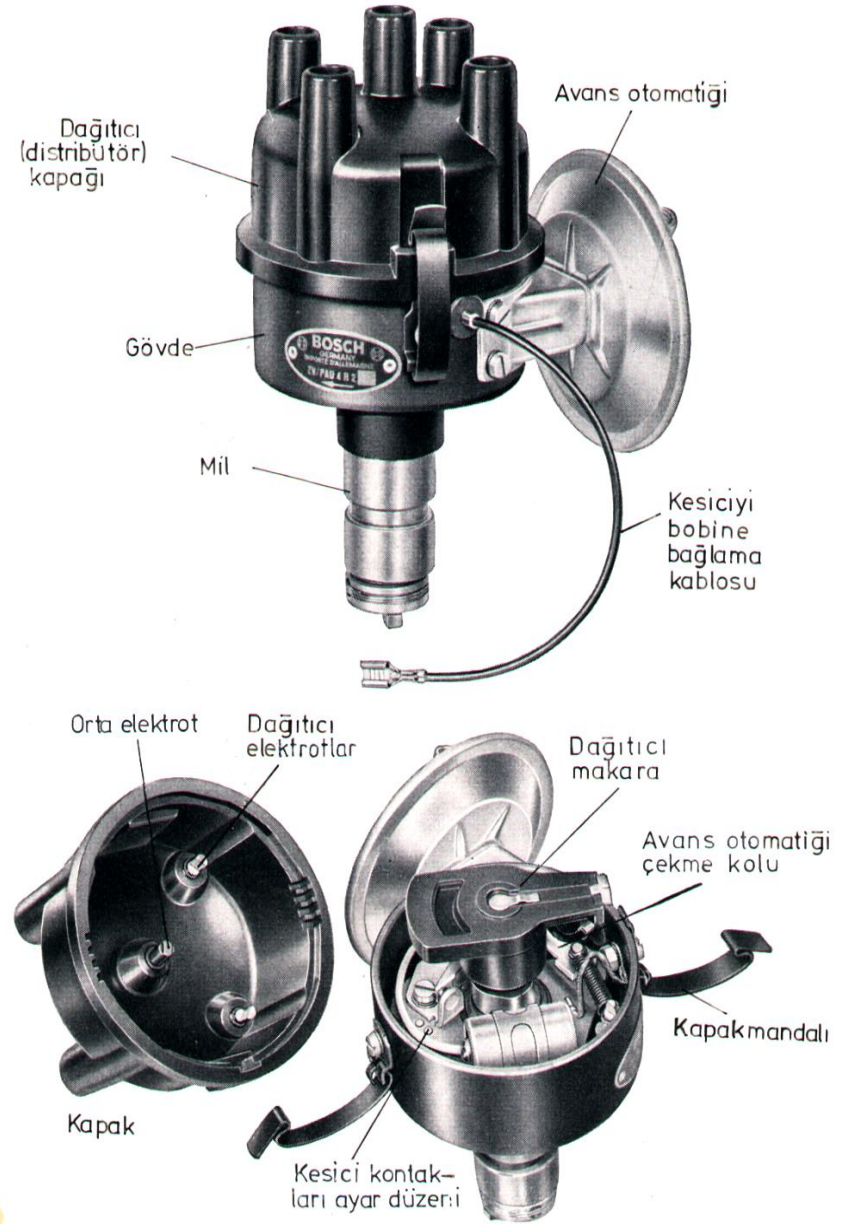
- Kesici devreyi kapadığında, bobinin birinci devresi üzerinden geçen bir manyetik alan oluşturur. Bu sırada, birinci devre sargıları üzerinde, bu manyetik alanı yok edecek yönde özindükleme akımı oluşmaktadır. Bu durum, kuvvetli bir manyetik alanın hızlı biçimde oluşmasını engeller. Kesici kontaklarının açılması ile manyetik alan çok hızlı bir şekilde oluşarak birinci devrede 200...400 V arasında özindüksiyon geriliminin doğmasına neden olmaktadır. Bu özindüksiyon gerilimi akümülatör gerilimi ile aynı yöndedir.
- Kesiciye paralel olarak bir kondansatör bağliyerek önlem alınmaz ise, kesici açılırken kontaklar arasından bir kıvılcım atlaması ile boşalma olacağından özindüksiyon gerilimi yeterli yükselmez. Birinci devrede özindükleme ile meydana gelen gerilimin yarattığı manyetik alan, çok sarımlı ikinci devrede, buji tırnaklarının arasından atlayacak kadar yüksek gerilim oluşturmaktadır.

- **Kesici ve dağıtıcı:** Kesici (platin), dağıtıcı mili üzerinde bulunan çıkıntılar tarafından açılıp kapanan bir mekanik kontakdır. Hareketli kontak parçası kesici koluna ve sabit kontak parçası ayarlanabilir bir vida üzerine bağlıdır. Kesici kolu, bir yay tarafından, kontaktarı kapatacak biçimde bastırılmaktadır. Kontaklar genellikle, kıvılcım atlamaları sonucu ortaya çıkacak aşınmalara dayanıklı wolframdan yapılmaktadır (Şekil 8.4).



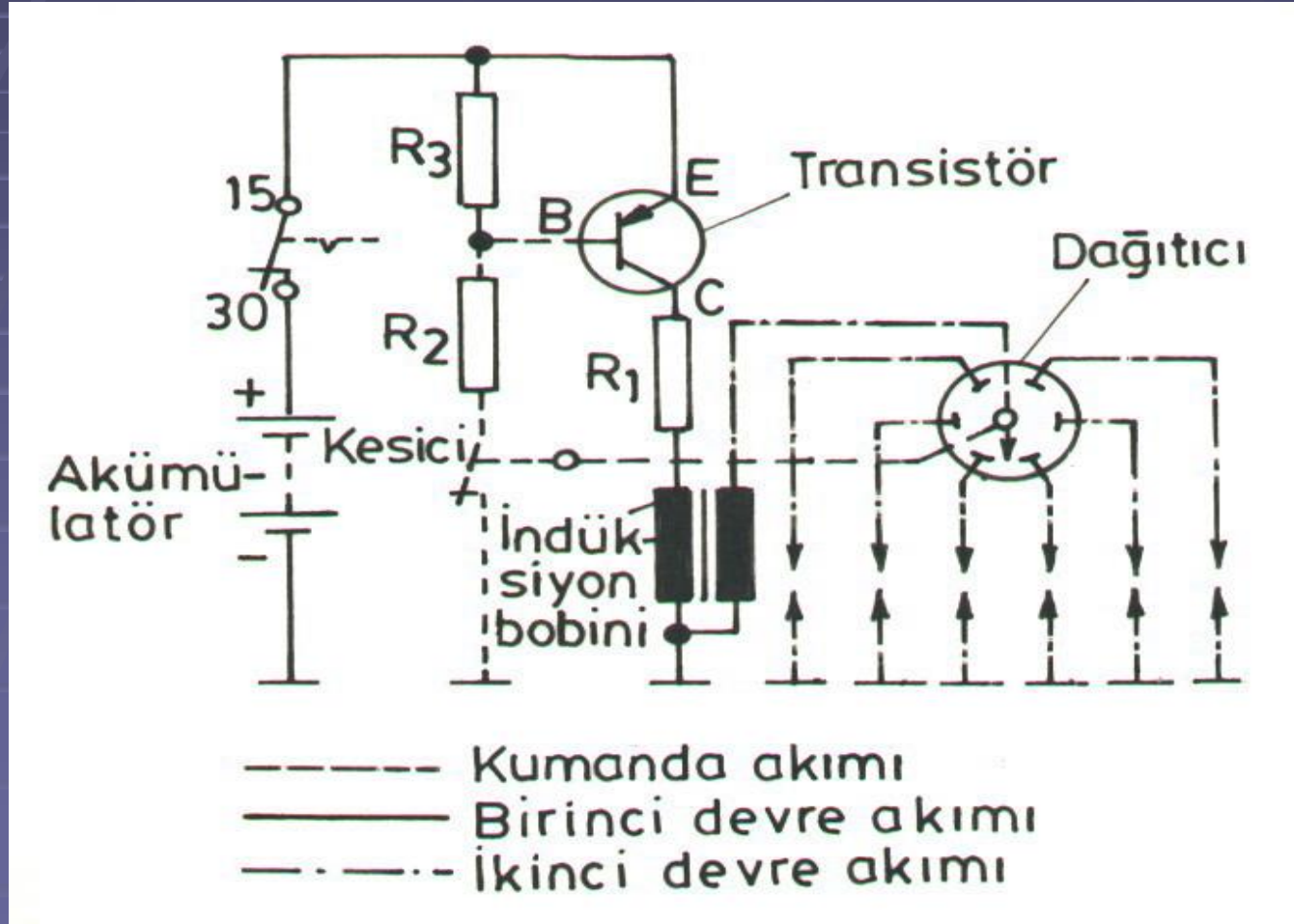
■ Dağıtıcı (distribütör), bir yandan kesicinin açılıp kapanmasını sağlarken diğer taraftan orta elektrotuna, bobinin ikinci devresinden gelen yüksek gerilimli elektriğin ateşleme sırası gelen bujiye gitmesini sağlamaktadır. Dağıtıcı bu görevleri yerine getirebilmek için başlıca olarak, dağıtıcı kapağı, dağıtıcı makara, dağıtıcı mili, gövde ve avans otomatığından oluşmaktadır (Şekil 8.5).

■ Dağıtıcı mili hareketini eksantrik milinden almaktadır. Dört zamanlı motorlarda, motor iki devir yaptığında dağıtıcı mili bir devir yaparak tüm silindirlere ateşleme sırasına göre birer defa kıvılcım çakmasını sağlamaktadır. Daha önce de belirtildiği gibi, ikinci devrede en dağıtıcı makarada ateşleme sırası gelen bujiye bağlantı yapacak konuma gelmiş olmalıdır. Yani makara, orta elektrot ile dağıtıcı elektrotları sırasıyla bağlamaktadır. Dağıtıcı elektrotlardan çıkan buji kabloları ise, ateşleme sırasına göre, silindirlere bağlanmış durumdadır.



8.2. Kesicili Transistörlü Ateşleme Donanımı

- Bu yapıda, indüksiyon bobininin birinci devre akımına bir transistör tarafından kumanda edilmektedir. Transistörün devreyi açıp kapaması ise, gene mekanik kesicinin (platinin) gönderdiği uyarılarla olmaktadır (Şekil 8.12).

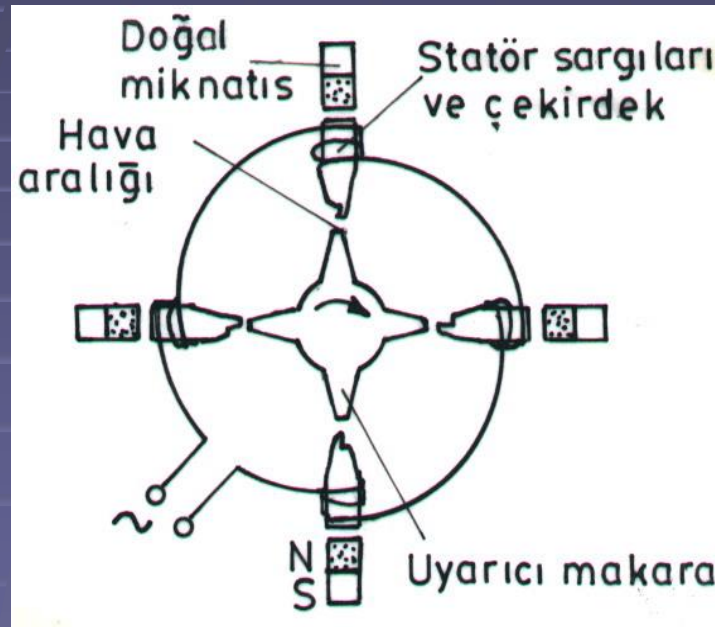


- Bir transistör de emiter (E), beyz (B) ve kolektör (C) olmak üzere üç adet uç vardır. Emiterden kolektöre akımın geçebilmesi için, emiterden beyze bir elektrik akışı olmalıdır. Emiter-beyz akımı olmadığı sürece, emiter-kolektör akımı olamaz. Ayrıca, emiter-beyz akımının küçük değerlerine karşılık emiter-kolektör akımı büyük değerlerde olmaktadır.
- Kesicili transistörlü ateşleme donanımında, kesici kontakları açık iken transistörün emiter-beyz akımı ve buna bağlı olarak emiter-kolektör akımı da oluşmaz. Kesici kontaklar kapandığında, emiter-beyz üzerinden yaklaşık 1 A, buna karşın, emiter-kolektör üzerinden 9 A akım geçmektedir. Emiter-kolektör üzerinden geçen akım, R1 direnci ve bobinin birinci devre sargıları üzerinden şaseye akmaktadır. Birinci devre sargılarının az olması nedeniyle, özindüksiyon akımı düşük olacak ve manyetik alan hızlı bir şekilde oluşacaktır.
- Tam ateşleme anında, kesici kontağı açılarak transistörün emiter-beyz akımını kesmektedir. Buna bağlı olarak, emiter-kolektör akımı da kesileceğinden, bobinin birinci devre akımı çok hızlı bir biçimde kesilmiş olmakta ve manyetik alan ortadan kalkmaktadır. Devredeki transistör nedeniyle, elektronik olarak ve bir anda, kontak kıvılcımı olmadan, meydana gelen bu değişmeler sonucu, birinci devrenin özindüksiyon gerilimi, akımı devam ettirecek yönde çok yüksek değerlere ulaşmaktadır. Buna bağlı olarak, ikinci devre gerilimi de yüksek olmaktadır. Ayrıca, kesici kontakları üzerinden geçen akım küçük olduğundan ve bu uyartım devresinde özindüksiyon doğmadığından, burada bir ark meydana gelmesi söz konusu değildir.

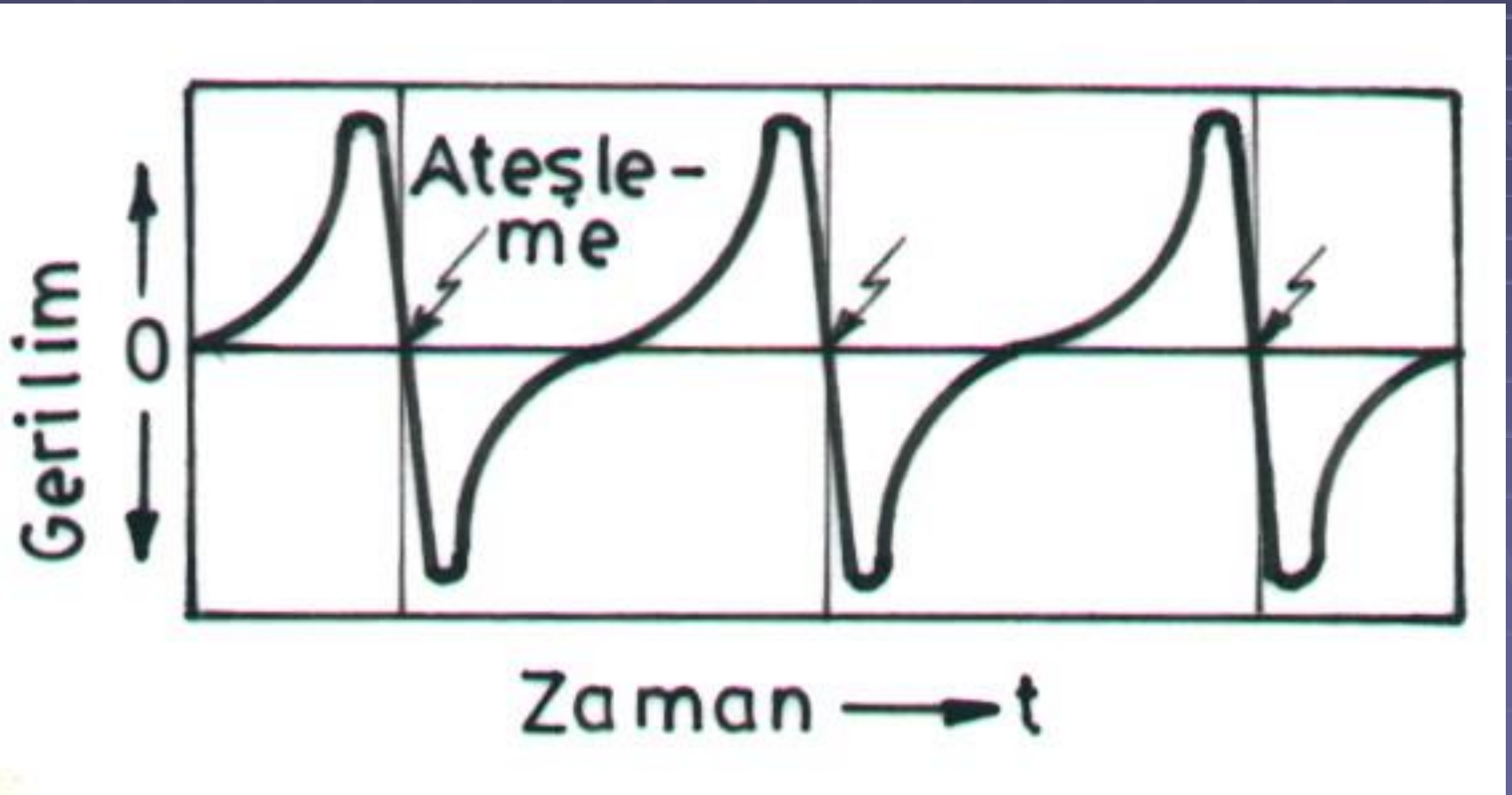
■ 8.3. Transistörlü Ateşleme Donanımı

- Transistörlü ateşleme donanımında mekanik kesici yoktur. Kesicisi bulunmayan bu ateşleme donanımının en önemli yararı, kesici kontaklarında zamanla ortaya çıkan aşınmaların ve buna bağlı olan periyodik bakımların ortadan kalkmış olmasıdır. Dağıtıcının motora bağlantı sisteminde bir oynama olmadığı sürece, ateşleme avans ayarının bozulması söz konusu değildir. Ayrıca, değişen devir sayısı koşullarında istenen otomatik avans da rahatlıkla sağlanabilmektedir.
- Transistörlü ateşleme sisteminde, transistörün devreyi açıp kapayabilmesi için, emiter-beyz devresine akım ateşleme uyarıcısı tarafından sağlanmaktadır. Uyarıcı tam ateşleme anında, bobinin birinci devre akımını kesecek biçimde transistöre uyarı göndermektedir. Uyarıcılar; indüksiyon akımlı, hall akımlı ve optoelektronik akımlı tipte yapılmaktadır.

- Yaygın olarak kullanılan ateşleme uyarıcısı indüksiyon akımlı tipte olmaktadır.
- **İndüksiyonlu uyarıcılar:** Bunlarda, uyarıcı makara (rotor) dağıtıcı miline bağlanmış durumdadır. Çevrede ise, stator sargıları, bunlara ilişkin çekirdekler ve doğal mıknatıslar bulunmaktadır (Şekil 8.13). Çekirdek ve uyarıcı makara kolay mıknatıslanabilen yumuşak demirden ve ince uçlu olarak yapılmıştır.

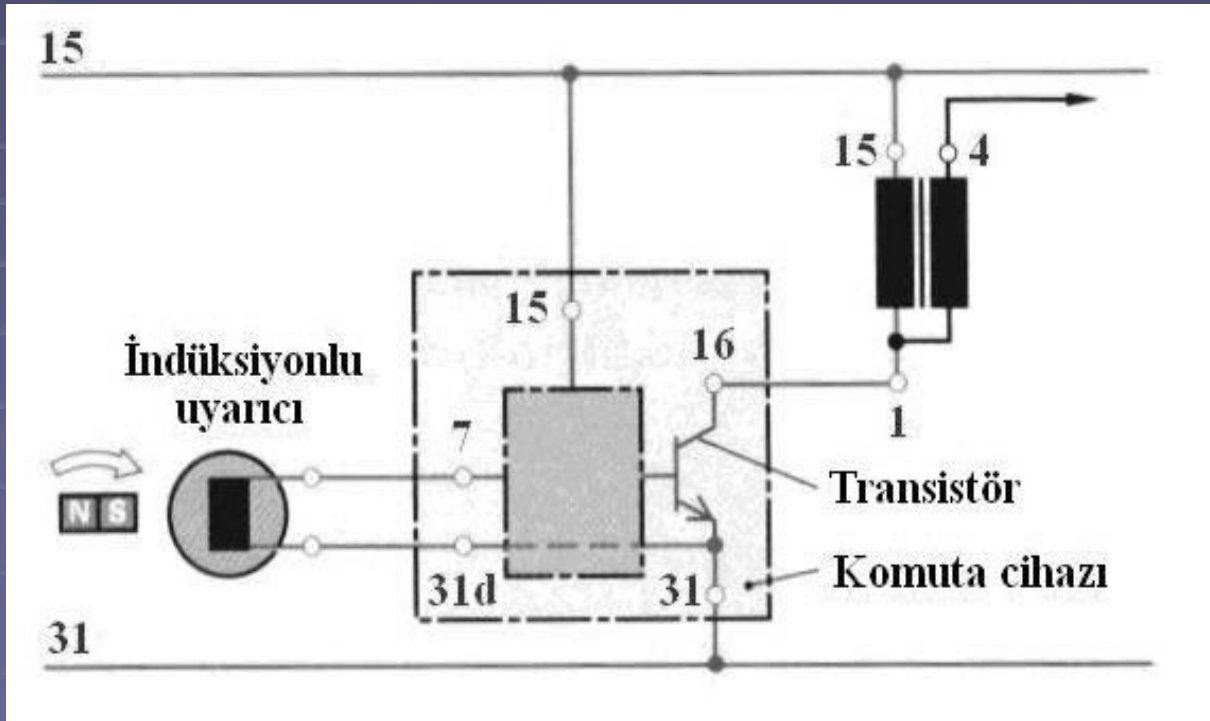


Uyarıcı makara dağıtıcı mili ile birlikte döndüğünde, makara uçları ile çekirdek uçları arasındaki hava aralığı değişmektedir. Böylece stator sargılarındaki manyetik alan da değişerek sargılardan periyodik olarak bir alternatif gerilim elde edilmektedir (Şekil 8.14).



Şekil 8.14. İndüksiyonlu uyarıcı sargılarından elde edilen gerilimin değişimi.

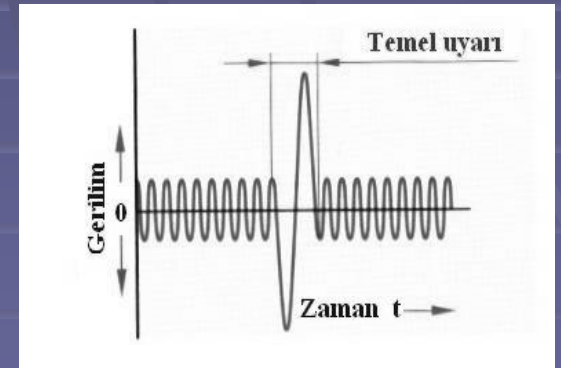
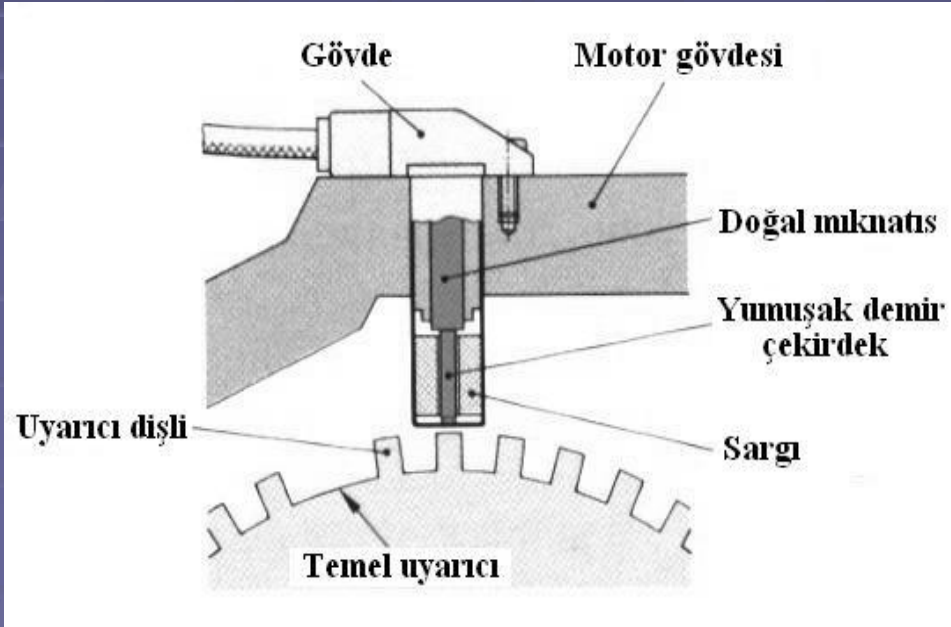
Şekil 8.15'de belirtilen 7 ve 31d uçlarına, **indüksiyonlu uyarıcının** uyguladığı gerilim pozitif olduğu sürece, transistör devreyi açık tutmakta ve bobinin birinci devresinden elektrik akmaktadır. Uyarıcıda gerilim sıfır ve altına inince (negatif olunca), birinci devre akımı aniden kesilir ve ikinci devrede çok yüksek gerilim oluşarak buji çakar. Sırası gelen silindire akımın gitmesini dağıtıcı sağlar.



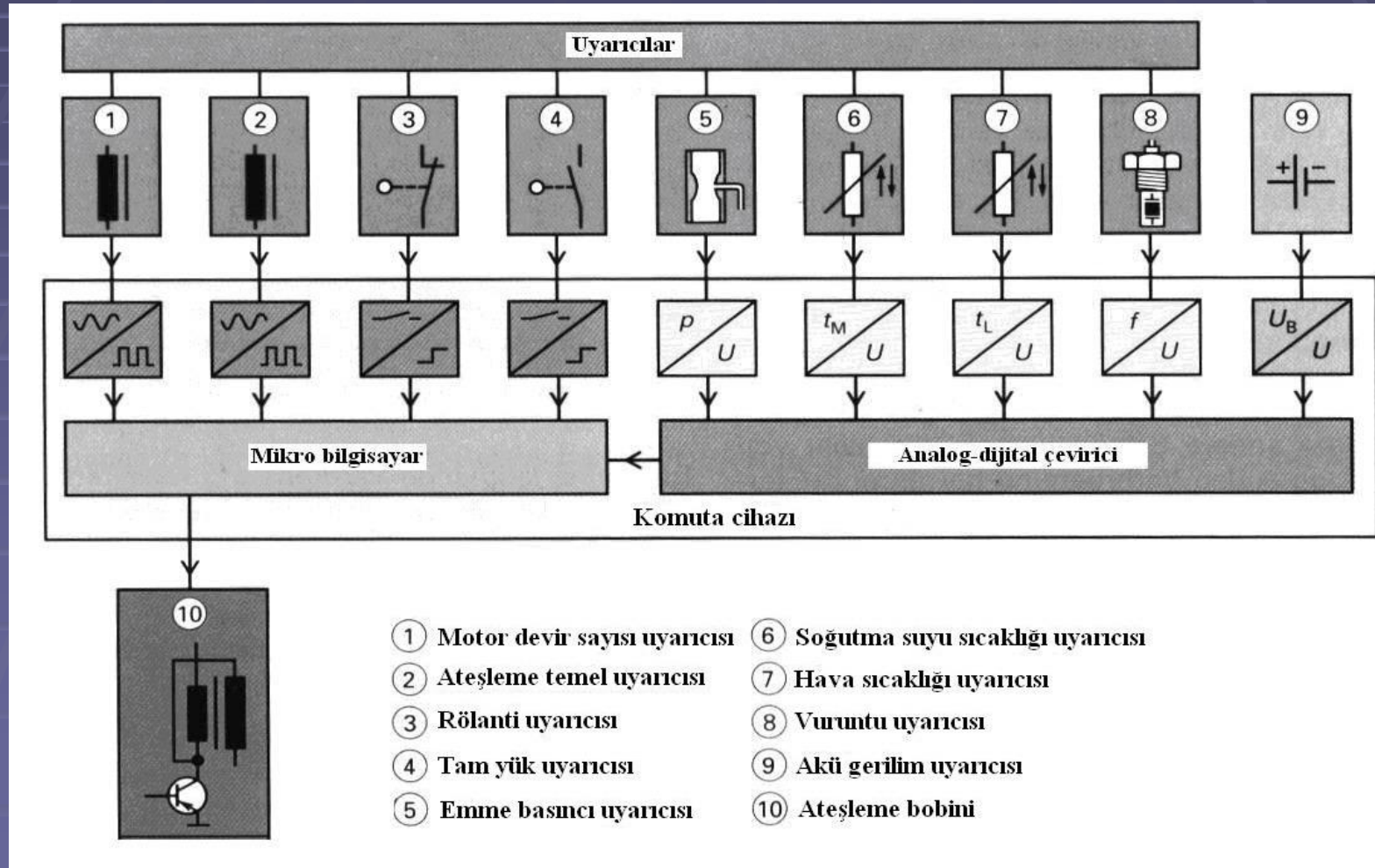
- Çekirdek ve uyarıcı makaranın sivri uçları karşı karşıya geldiğinde en büyük gerilim değerine ulaşılmaktadır. Rotorun dönmesi ile uçlar arasındaki hava aralığı büyümekte ve üretilen gerilim hızla azalmaktadır. Uyarıcıdaki bu gerilim düşmesi sıfıra vardığında, ateşleme sistemi birinci devresinde bulunan transistörün emiter-beyz akımı kesilmiş olacağından, emiter-kolektör akımı da kesilir. Birinci devre akımının bu şekilde kesilmesi ikinci devreye etki ederek ateşlemeyi sağlamaktadır.

■ 8.4. Elektronik Ateşleme Donanımı

- Elektronik ateşleme donanımında, transistörlü ateşleme donanımından farklı olarak, ateşleme zamanı (ateşleme avansı) elektronik yöntemle hesaplanmakta ve bir mikrobilgisayara daha önce yüklenmiş bulunan optimum değerlerle karşılaştırma yapılmaktadır. Optimum ateşleme açısı belirlenerek, ateşleme elektronik yöntemle sağlanmaktadır.
- Ateşleme açısının belirlenmesinde temel veriler; motor yüklenmesi ve devir sayısı olmaktadır. Motorun yüklenme bilgisi, o anda tüketilen hava miktarından alınmaktadır.
- Motorun devir sayısı ve ateşleme temel uyarıcısı için anamile bağlı bir dişli bulunmaktadır (Şekil 8.16). Motor anamelinin dönmesi ile, dişlerin karşısına yerleştirilmiş bulunan bobinde bir alternatif gerilim üretilmektedir (Şekil 8.17). Bu gerilim impulsları, komuta cihazına devir sayısı uyarıcısı olarak iletilmektedir.



- Anamilin konumunun belirlenmesi için, dişli üzerinde bir diş boşluğu bulunmaktadır. Bu boşluk yardımı ile, üretilen gerilim daha yüksek olmakta ve frekans değeri yarıya inmektedir. Bu uzun impuls değeri ateşleme için temel uyarı olmaktadır.
- **Komuta cihazına gelen uyarıların değerlendirilmesi:** Ateşleme açısının belirlenmesinde kullanılacak tüm veriler, uyarıcılar tarafından komuta cihazına gönderilmektedir (Şekil 8.18). Bunları değerlendiren komuta cihazı indüksiyon bobininin 1. devresinde yer alan transistöre kumanda ederek ateşlemeyi sağlamaktadır.

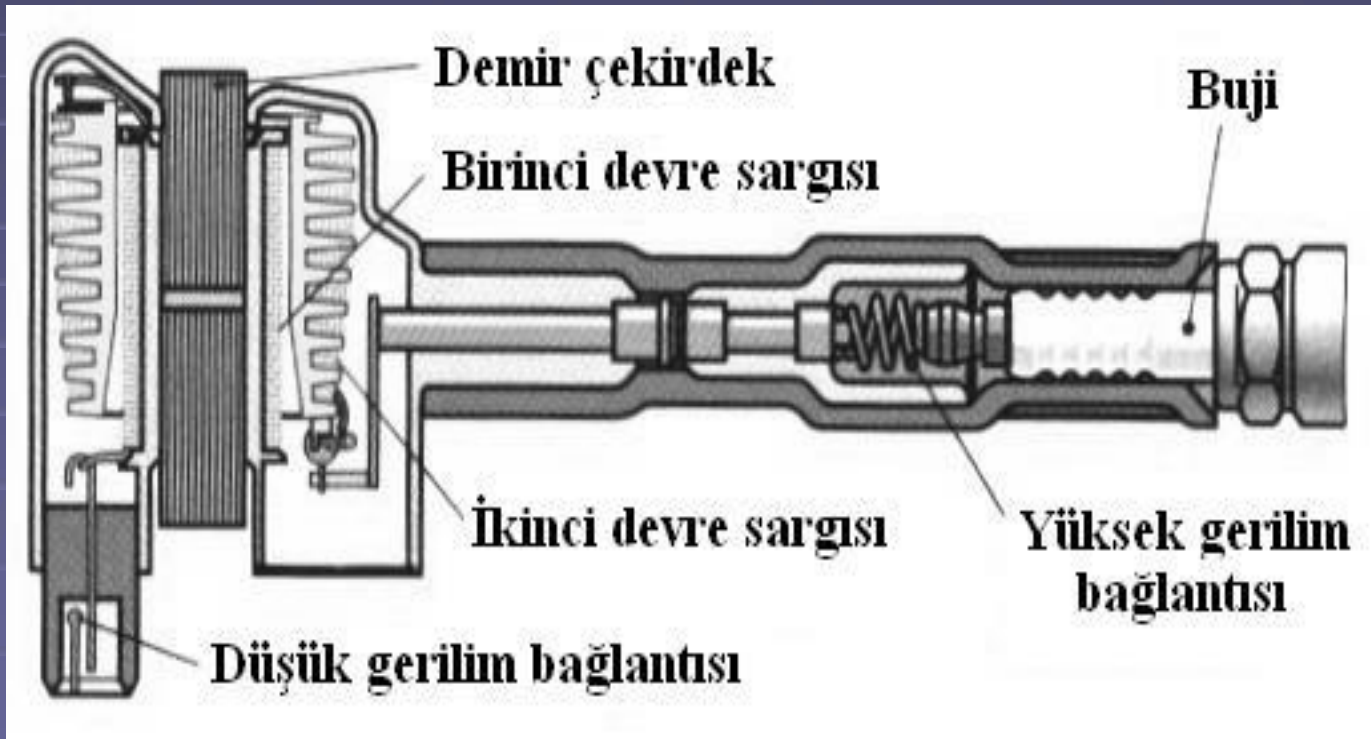


- Uyarıcılar tarafından toplanan bilgiler, önce kare dalga (dijital) yapıya dönüştürülmekte, sonra mikrobilgisayara (EPROM: Enable Programmable Read Only Memory) gönderilmektedir. Bilgisayar aldığı bilgileri, daha önce programlanmış olan değerlerle karşılaştırarak en uygun ateşleme açısını (avansını) belirlemektedir.
- Uygun ateşleme avansı ile, yakıt tüketiminin minimizasyonu, zararlı gaz emisyonunun azaltılması, düşük devirlerde yüksek dönme momentinin elde edilmesi, motor gücünün artırılması ve motor çalışma ritminin düzeltilmesi amaçlanmaktadır. Ayrıca, bu yöntemle rölanti ve maksimum devir sayıları sınırlandırılmakta, vuruntu minimize edilmekte, uyarıcılar kontrol altında tutulmakta ve sistem kendisini test edebilmektedir.
- Bu ateşleme yönteminde indüksiyon bobininin ikinci devresinden elde edilen yüksek gerilim, sırası gelen bujilere dağıtıcı tarafından gönderilmektedir.

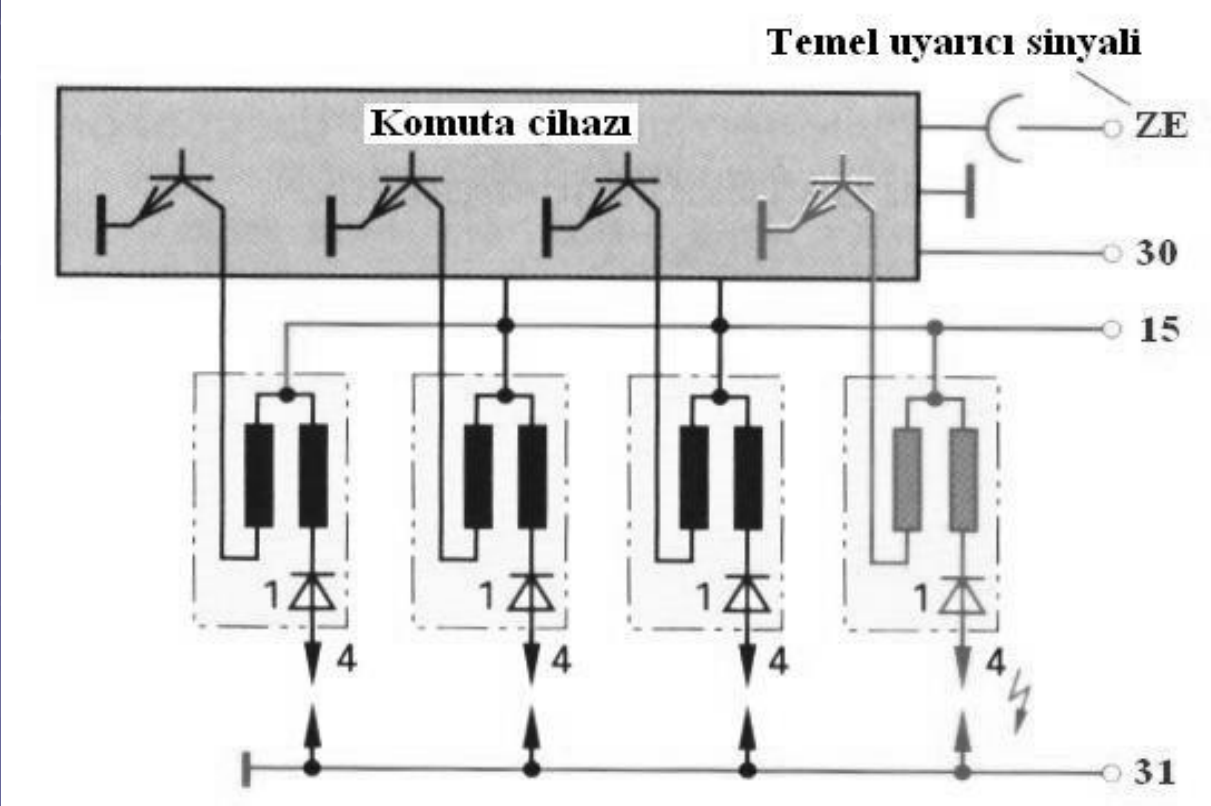
■ 8.5. Tam Elektronik Ateşleme Donanımı

- Bu ateşleme donanımının elektronik ateşleme donanımından farkı, dönü hareketi yaparak çalışan dağıtıcının yerini statik durumdaki dağıtma elemanlarının almış olmasıdır. Diğer yapı organları elektronik ateşleme donanımında olduğu gibidir. Burada temel uyarıcının dışında, bir de konum belirleme düzenine gerek vardır.
- Mekanik hareketli dağıtıcının ortadan kalkmış olması aşağıda belirtilen yararları sağlamaktadır:
 - 1. Yanma odası dışında kıvılcım atlaması oluşmaz. Buna bağlı ortaya çıkan arızalar azalmıştır.
 - 2. Gürültünün azalmasına yardımcı olunmuştur.
 - 3. Yüksek gerilim kablo birleşme yerleri azalmıştır.
 - 4. Dağıtıcı ve dağıtıcının tahrik düzenleri ortadan kalktığı için mekanik yapı küçülmüştür.
- Bu ateşleme donanımında yer alan konum belirleme düzeni, motorun eksantrik miline yerleştirilmiş bir uyarıcı olup, motorun 1. silindiri sıkıştırma zamanına geldiğinde, kare dalgalı bir sinyal üretmektedir.
- Tam elektronik ateşleme donanımında her buji için bir indüksiyon bobini veya iki buji için bir indüksiyon bobini olmak üzere iki tip geliştirilmiştir.

- **Bireysel indüksiyon bobinli elektronik ateşleme donanımı:** Bu tip ateşleme donanımı tek ve çift silindir sayılı motorlar için uygundur. Her silindire ait, bujinin yakınında bir indüksiyon bobini bulunmaktadır (Şekil 8.19).

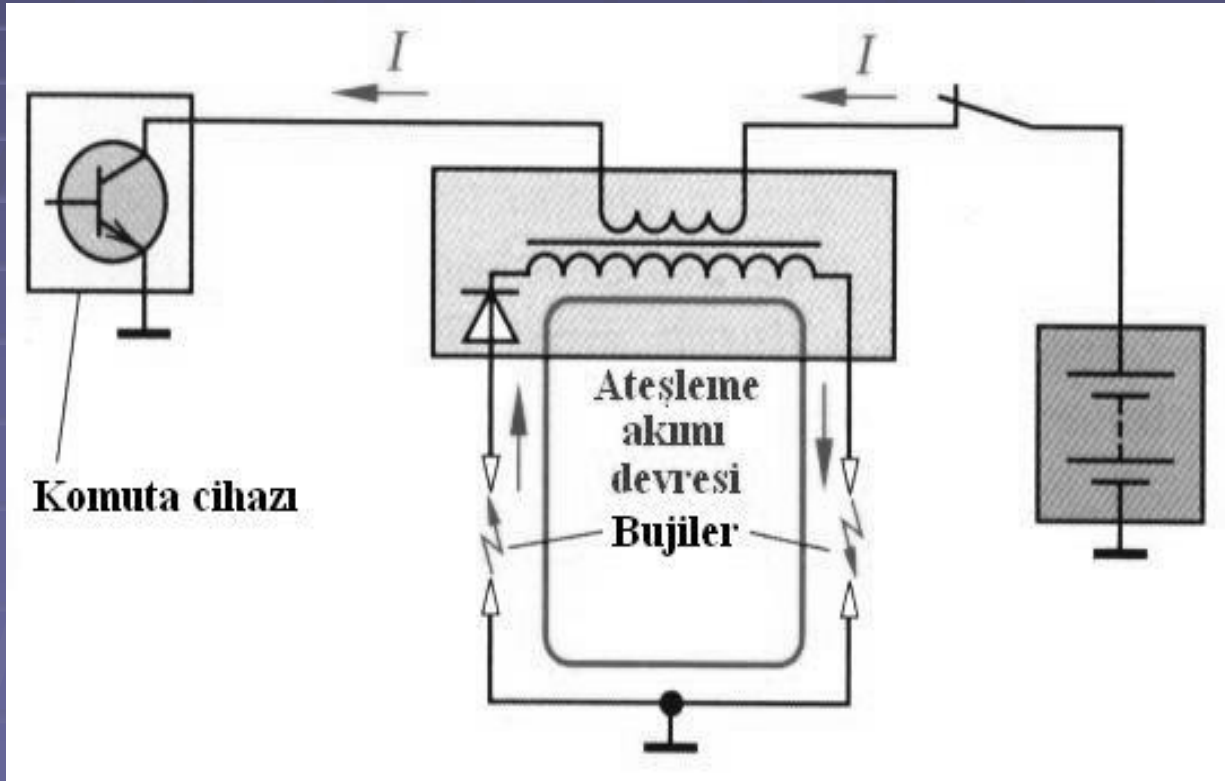


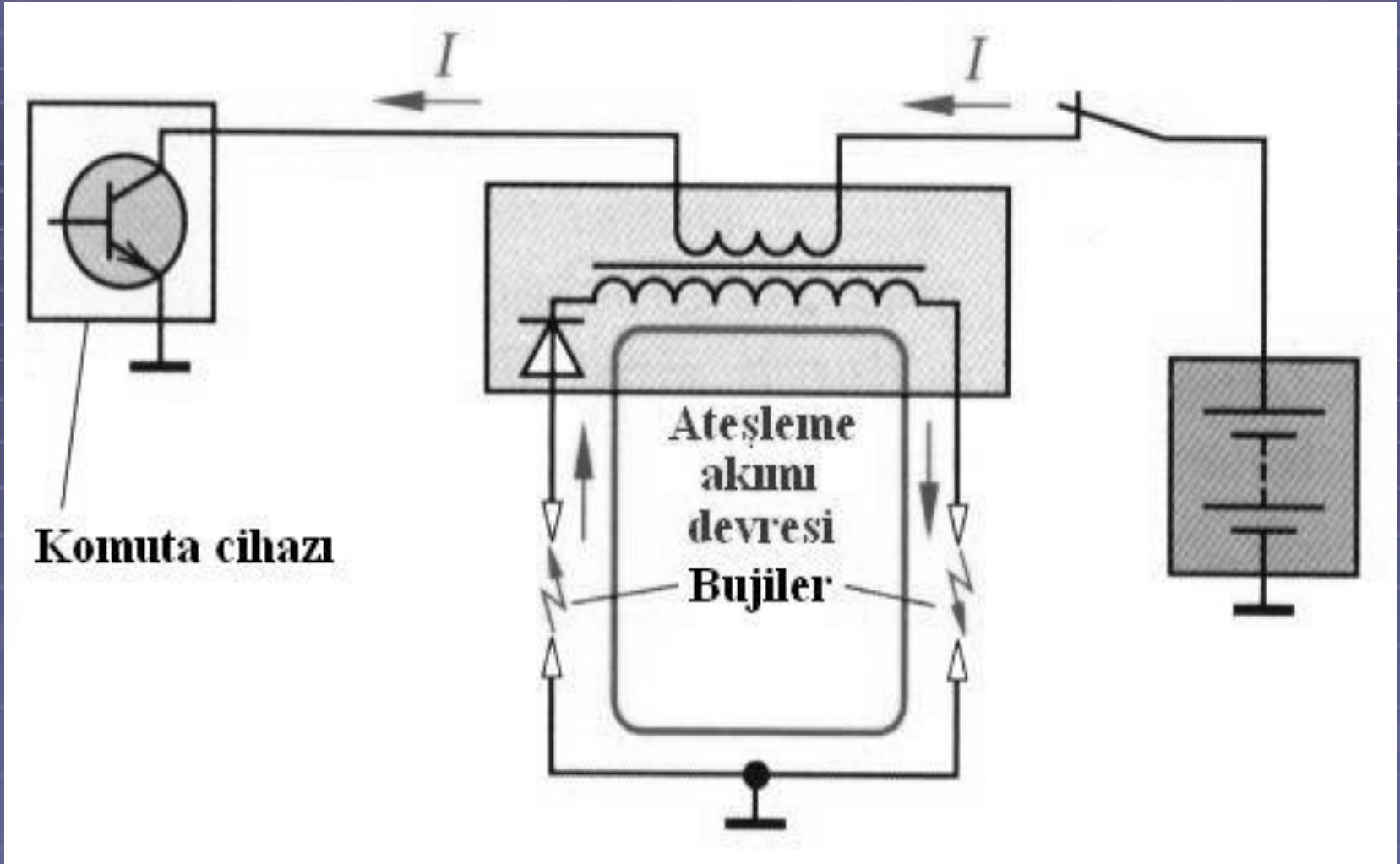
- Kıvılcımın hazırlanması bobinin birinci devresine dağıtıcı mantığının uygulanması ile olmaktadır. Birinci silindirin sıkıştırma zamanına geldiği bilgisi konum belirleme uyarıcısı ile ve silindirlerin ateşleme zamanları ise anamil üzerindeki temel uyarıcı ile bildirilmektedir. Bunlara bağlı olarak, silindirlerin ateşleme sırasına göre, bobinin birinci devresinde akım oluşur veya kesilir (Şekil 8.20).
- Elektronik yapı nedeniyle bobinin birinci devresinde manyetik alan çok hızlı ve kuvvetli bir biçimde oluşur. Bu durum istenmeyen bir kıvılcım çakmasına neden olabilir. Bu kıvılcımın oluşmasını engellemek için bobinlerin ikinci devrelerine birer diyot yerleştirilmiştir. Bu diyotlar birinci devre akımının bujiler üzerinden akmasını engellerken, ikinci devre akımına ve bujinin ateşleme anında çakmasına izin verirler.



- **İki buji için bir indüksiyon bobinli elektronik ateşleme donanımı:** Bu sistemde bobinin ikinci devresinden iki buji için iki ayrı çıkış yapılmaktadır. Bobinin birinci devresini komuta cihazı çalıştırmaktadır. Elektronik ateşleme donanımında belirtilen yöntemle üretilen ikinci devre akımı, iki bujide aynı anda kıvılcım çakmasına neden olmaktadır. Bu bujilere ait silindirlere birisi ateşleme anında iken, diğeri 3600 farkla egzoz zamanındadır (Şekil 8.21).

Bu yapı biçiminde, 4 silindirli motorlarda 2 bobine ve 6 silindirli motorlarda 3 bobine ihtiyaç vardır.



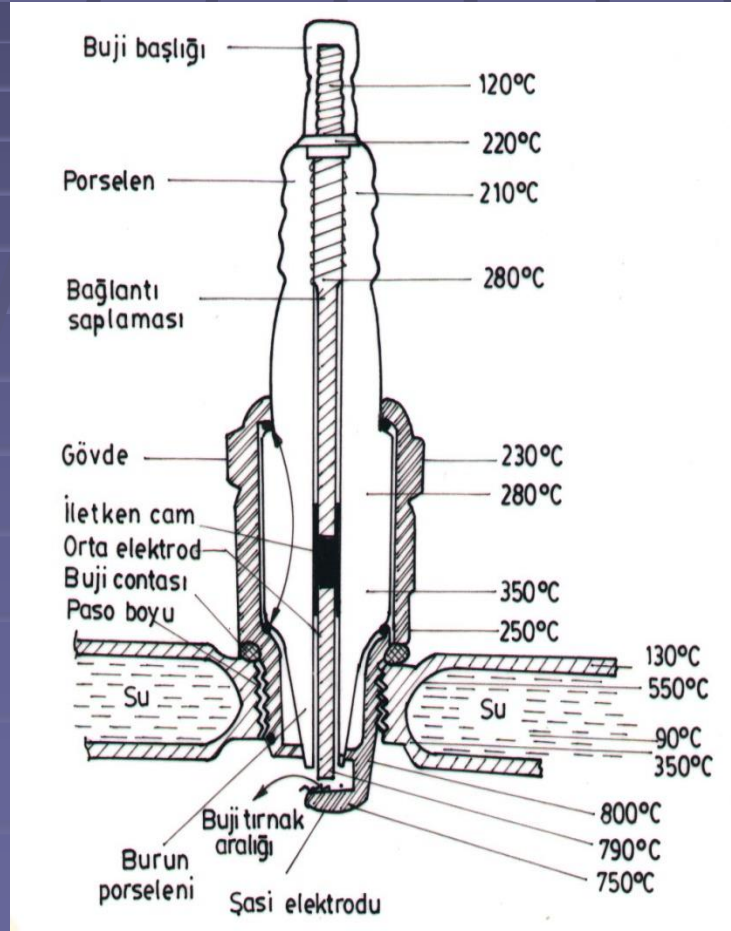


Şekil 8.21. İki buji için bir indüksiyon bobini.
Bu yapı biçiminde, 4 silindirli motorlarda 2 bobine ve 6 silindirli motorlarda 3 bobine ihtiyaç vardır.

■ 8.6. Bujiler

- Bujinin görevi, tırnakları (elektrotları) arasında elektrik atlaması ile kıvılcım meydana getirerek yakıt-hava karışımının tutuşmasını sağlamaktır. Kıvılcımın yeterli kalitede olabilmesi, gerilimin yüksekliğinin yanında, elektriğin buji tırnaklarına kadar taşınmasında uygun izolasyonu da gerektirmektedir. Ayrıca, yanma odasında sıcaklığın 2500oC'ye çıktığı, basıncın 60 bara ulaştığı, saniyedeki kıvılcım sayısının 66 adede erişebildiği ve kıvılcım atlama anında gerilimin 40 kV, akımın ise 300 A olabileceği göz önünde bulundurulursa, buji çalışma koşullarının ne derece zor olduğu ortaya çıkmaktadır.

- Ateşleme donanımının en önemli bir parçası olan bujide, araları elektriğe karşı yalıtkan madde ile izole edilmiş iki elektrot bulunmaktadır. Yalıtkan madde içinde yer alan orta elektrot, elektriği bağlantı saplamasından alarak şasi elektrotuna kadar taşımaktadır. Şasi elektrotu bujinin gövdesine bağlı olup orta elektrot tarafından taşınan yüksek gerilimli elektriğin devresini tamamlamasını ve kıvılcımın (elektrik arkının) oluşmasını sağlar. Buji gövdesi silindir kapağıyla temas halinde olduğundan, orta elektrottan gelen elektrik akımı buji tırnakları arasındaki hava boşluğunu atlayarak şase elektrotu üzerinden motor gövdesine şasilenmektedir (Şekil 8.22).



- Buji tırnakları arasında, elektrik arki nedeniyle düzenli bir kıvılcım oluşmasında, uygulanan gerilimin yanında, tırnaklar arasındaki boşluğun da önemi vardır. Tırnaklar arasındaki açıklık; bataryalı ateşleme sistemlerinde 0,7...0,8 mm kadar olmaktadır. Açıklığın belirlenen değerlerden büyük olması, düşük motor devirlerinde gerilim düştüğünde zayıf kıvılcıma neden olmaktadır. Aralığın normal değerinin altında olması ise, kıvılcım boyunun kısılmasına ve karışımın kusursuz ateşlenmesinin zorlaşmasına sebep olmaktadır.
- Elektrot malzemesi olarak nikel-mangan, demir-krom ve gümüş alaşımları veya platin kullanılmaktadır. İzole gövde ise porselenden (alüminyum oksitlerinden) yapılmaktadır. Orta elektrot ile buji bağlantı saplaması arasında elektrik geçirgenliği bulunan cam ergiltilerek dökülmüştür. Böylece yanma odasından orta elektrot yoluyla olacak gaz kaçağı önlenmiş olmaktadır. Aynı şekilde, porselen gövde ile metal gövde arasından olabilecek gaz kaçakları da, araya konan bakır alaşımından yapılmış sızdırmazlık halkaları (contalar) ile giderilmektedir.
- Buji, çalışma sırasında 450...8500C arasında sıcaklığa sahip olmalıdır. Bu sıcaklığın 850oC'den büyük olması, yakıt-hava karışımının kendiliğinden tutuşmasına neden olur. Bu erken tutuşma sonucu motor vuruntulu çalışır. Bujinin sıcaklığı 450oC'nin altına düştüğünde ise, yanmamış yada eksik yanmış yağ ve yakıt zerreleri izolatör üzerinde toplanarak bujinin kirlenmesine ve dolayısıyla ateşlemenin tehlikeye düşmesine sebep olur. Bu nedenle, buji sıcaklığı, kendi kendini temizleme sıcaklığı olan 450...500oC'den az olmamalıdır
- Isı iletimi yönünden, geçirgenliği az olan bujiler çabuk ısınırlar, bunlara sıcak buji adı verilir. Isı iletimi iyi olduğu için geç ısınan bujilere ise soğuk buji denir. Yukarıdaki açıklamalardan da anlaşılacağı gibi, yüksek yanma odası sıcaklığına sahip motorlarda soğuk buji ve düşük yanma odası sıcaklığına sahip motorlarda da sıcak buji kullanılmalıdır.
- Bujiler üzerinde; bujinin büyüklüğünü, vida çapını, ısı iletim değerini, ön direnç değerini, izole gövdenin yapım malzemesini vb. özellikleri belirten rakam ve sayılar bulunmaktadır. Bu özelliklerin pek çoğu, motor yapımcıları tarafından, o motor için saptanmış olup kullanıcı tarafından değiştirilmesi uygun değildir. Isı iletim değeri ise, aynı ölçülü başka buji kullanarak değiştirilebilir.

- SARAL, A. ve A.ONURBAŞ AVCIOĞLU, 2012. Motorlar ve Traktörler. Düzeltilmiş II. Baskı. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 1603, Ders Kitabı: 555, 299 s., Ankara.
- SARAL, A., ONURBAŞ AVCIOĞLU, A. ve K. ELİÇİN, 2008. Termik Motorlar Uygulama Örnekleri. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No: 1564, Ders Kitabı: 517, 111 s., Ankara.
- SARAL, A. ve A.ONURBAŞ AVCIOĞLU, 2006. Termik Motorlar (Yenilenmiş 4. Baskı). Ankara Üniversitesi Ziraat fakültesi Yayınları: 1550, Ders Kitabı: 503, 294 s., Ankara