

**T.C.
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI**



MEGEP

**(MESLEKÎ EĞİTİM VE ÖĞRETİM SİSTEMİNİN
GÜÇLENDİRİLMESİ PROJESİ)**

MOTORLU TAŞITLAR TEKNOLOJİSİ

**ALTERNATİF MOTORLAR VE
YAKITLAR**

ANKARA 2006

Milli Eğitim Bakanlığı tarafından geliştirilen modüller;

- Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığının 02.06.2006 tarih ve 269 sayılı Kararı ile onaylanan, Mesleki ve Teknik Eğitim Okul ve Kurumlarında kademeli olarak yaygınlaştırılan 42 alan ve 192 dala ait çerçeve öğretim programlarında amaçlanan mesleki yeterlikleri kazandırmaya yönelik geliştirilmiş öğretim materyalleridir (Ders Notlarıdır).
- Modüller, bireylere mesleki yeterlik kazandırmak ve bireysel öğrenmeye rehberlik etmek amacıyla öğrenme materyali olarak hazırlanmış, denenmek ve geliştirilmek üzere Mesleki ve Teknik Eğitim Okul ve Kurumlarında uygulanmaya başlanmıştır.
- Modüller teknolojik gelişmelere paralel olarak, amaçlanan yeterliği kazandırmak koşulu ile eğitim öğretim sırasında geliştirilebilir ve yapılması önerilen değişiklikler Bakanlıkta ilgili birime bildirilir.
- Örgün ve yaygın eğitim kurumları, işletmeler ve kendi kendine mesleki yeterlik kazanmak isteyen bireyler modüllere internet üzerinden ulaşılabilirler.
- Basılmış modüller, eğitim kurumlarında öğrencilere ücretsiz olarak dağıtılır.
- Modüller hiçbir şekilde ticari amaçla kullanılamaz ve ücret karşılığında satılamaz.

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER.....	i
AÇIKLAMALAR	iii
GİRİŞ	1
ÖĞRENME FAALİYETİ-1	3
1.BİTKİSEL YAKITLARLA ÇALIŞAN MOTORLAR.....	3
1.1.Motorlarda Kullanılan Bitkisel Yakıtlar.....	3
1.2.Bitkisel Yakıtların Özellikleri	3
1.3 Bitkisel Yakıtların Avantaj ve Dezavantajları.....	5
1.4.Bitkisel Yakıtların Motor Performansına Etkileri	6
1.5. Bitkisel Yakıtlı Motorların Bakımları	7
ÖLÇME DEĞERLENDİRME	9
ÖĞRENME FAALİYETİ-2	11
2. WANKEL MOTORLARI.....	11
2.1.Wankel Motorların Çalışma Prensipleri	11
2.2. Motor Çalışma Zamanları	14
2.2.1. Emme Zamanı	14
2.2.2.Sıkıştırma Zamanı	14
2.2.3 Ateşleme (İş) Zamanı	15
2.2.3. Egzoz Zamanı.....	15
2.3. Wankel Motorların Avantaj ve Dezavantajları.....	16
2.4. Wankel Motorun Karakteristikleri	17
2.5 .Wankel Motorların Bakımları	18
UYGULAMA FAALİYETİ.....	20
ÖLÇME DEĞERLENDİRME	21
ÖĞRENME FAALİYETİ-3	23
3. ELEKTRİKLİ HİBRİD MOTORLAR.....	23
3.1. Elektrikli Hybrid Motorların Çalışma Prensipleri	23
3.2. Elektrikli Hibrid Motorların Avantaj ve Dezavantajları.....	25
3.3. Elektrikli Hybrid Motorların Türleri	25
3.3.1. Paralel Hibrid Tahrik Sistemi	26
3.3.2. Seri Hibrid Tahrik Sistemleri	26
3.4. Elektrikli Hibrid Taşıtlarda Kullanılan Elektrik Motor Tipleri	28
3.5. Elektrikli Hybrid Taşıtlarda Kullanılan Aküler.....	29
3.5.1. Nikel Metal Hidrit Aküsü.....	29
3.5.2. Kurşun-Asit Aküsü.....	30
3.5.3. Lityum Polimer Aküsü	30
3.5.4. Alüminyum Hava Aküsü.....	30
3.5.5. Lityum Hava Aküsü	30
3.5.6. Çinko Aküsü.....	30
3.5.7. Nikel Kadmiyum Aküsü.....	31
3.5.8. Sodyum Sülfür Aküsü	31
3.6. Elektrikli Hibrid Araçların Değerlendirmesi	31
3.6.1. Hibrid Taşıtların Performansı.....	32

3.6.2. Hibrid Taşıtların Verimi ve Yakıt Tüketimi	33
3.7. Örnek Bir Hibrid Taşıtın İncelenmesi	33
3.7.1. Nikel Metal Hidrid (Ni-Mh) Batarya	34
3.7.2. Elektrik Motoru	35
3.7.3. E-CVT Transmisyon	35
UYGULAMA FAALİYETİ	37
ÖLĞERLENDİRME	38
ÖĞRENME FAALİYETİ-4	40
4. YAKIT HÜCRELİ MOTORLAR	40
4.1 Yakıt Hücreli Motorların Çalışma Prensipleri	41
4.1.1 Yakıt İşleme Ünitesi	41
4.1.2 Güç Üretim Sistemi	41
4.1.3 Güç Dönüştürücü	42
4.2 Yakıt Hücresi (Yakıt Pili) Çeşitleri	42
4.2.1. Fosforik Yakıt Hücresi (PAFC)	42
4.3.2. Katı Polimer Yakıt Hücresi (SOFC)	43
4.3.3. Alkali Yakıt Pili (AFC)	44
4.3.4. Proton Değişim Membranlı Yakıt Pili (PEM)	44
4.3.5. Doğrudan Metanol Kullanılan Yakıt Pili (DMFC)	45
4.4 Yakıt Hücreli Motorların Avantaj ve Dezavantajları	46
4.5 Yakıt Hücreli Motorların Gelişme Perspektifleri	46
UYGULAMA FAALİYETİ	48
ÖLÇME DEĞERLENDİRME	49
PERFORMANS DEĞERLENDİRME	51
CEVAP ANAHTARLARI	52
KAYNAKÇA	54

AÇIKLAMALAR

KOD	525MT0128
ALAN	Motorlu Taşıtlar Teknolojisi
DAL / MESLEK	Otomotiv Elektro Mekanikerliği
MODÜLÜN ADI	Alternatif Motorlar ve Yakıtlar
MODÜLÜN TANIMI	Bu derste öğrencilerin LPG/Doğalgaz ile çalışan motorların yakıt sistemlerinin bakım ve onarımlarını yapabilmeleri ve alternatif yakıtlı bazı motorların temel bakımlarını yapabilmelerini sağlayan bir öğrenme materyalidir.
SÜRE	40 / 32
ÖN KOŞUL	Otomotiv Motor Mekaniği- 4 modülünü başarmış olmak.
YETERLİK	Alternatif motorlarının çalışma prensibini kavramak ve temel bakımını yapmak
MODÜLÜN AMACI	<p>Genel Amaç: Öğrenci, alternatif yakıtlı motorların çalışma prensiplerini kavrayabilecek ve standart süre içerisinde temel bakımlarını yapabilecektir.</p> <p>Amaçlar:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Bitkisel yakıtlarla çalışan motorların temel bakımlarını yapabilecektir. ➤ Wankel motorlarının çalışma prensibini kavrayabilecek ve temel bakımlarını yapabilecektir. ➤ Elektrikli hibrid motorların çalışma prensibini kavrayabilecek ve temel bakımlarını yapabilecektir. ➤ Yakıt hücreli motorların çalışma prensibini kavrayabilecektir.
EĞİTİM ÖĞRETİM ORTAMLARI VE DONANIMLARI	<p>Ortamlar: Atölye, internet ortamı, teknoloji sınıfı, yetkili otomotiv servisleri vb.</p> <p>Donanımlar: TV, VCD, video, internet, atölye ekipmanları vb.</p>
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	Modül içerisinde yer alan her faaliyetten sonra verilen ölçme araçları ile kazandığınız bilgi ve becerileri ölçerek kendi kendinizi değerlendireceksiniz. Öğretmeniniz, modül sonunda sizleri ölçme araçları ve modül uygulamaları ile kazandığınız bilgi ve becerileri ölçerek değerlendirecektir.

GİRİŞ

Sevgili Öğrenci,

Günümüzde, modern toplumların ekonomilerinin ve büyümelerinin temelini oluşturan sanayileşme sağladığı yararların yanı sıra çözüm bekleyen pek çok problemi de beraberinde getirmektedir. Hızla ilerleyen teknolojiyle birlikte artan çevre kirliliği ve oluşan sera etkisi tüm canlı hayatı tehdit etmeye başlamış ve bu hızla devam etmesi hâlinde dünyamız yaşanamayacak bir gezegen hâline gelecektir. Çevre kirliliğine karşı yeni alınan önlemler ve petrol türevi yakıt kaynaklarının hızla tükenmesi, otomotiv alanındaki firmaları alternatif motor ve yakıt arayışına yönlendirmiştir. Üreticiler bu kapsamda yıllardır sürdürdükleri araştırmalarını artırarak, alternatif yakıtlara yönelmişler ve üretimlerini bu duruma göre planlamışlardır. Buna göre:

- 2010 yılına kadar elektrikli ve hibrid (hybrid) taşıtlar, hidrojene geçiş aşamasını oluşturacak ve hidrojenli taşıtların geliştirilmesi planlanaktadır.
- 2010 - 2020 yıllarında alternatif yakıtlar ve bor hidrürler kullanılacağı tahmin edilmektedir.
- 2020'den sonra depolanmış hidrojen ve katı oksit yakıt pilleri kullanımına geçileceği tahmin edilmektedir.

Ülkemizde alternatif yakıtlar konusunda çeşitli çalışmalar yapılmakta, bor madenlerinin elimizde bulunması umutlarımızı artırmaktadır. Siz gençler; bu modül ile dünyada yeni geliştirilen alternatif taşıt motorlarının çalışma sistemlerini ve temel elemanlarını tanıyacaksınız. Kaliteli bir teknik eleman olabilmenin bir şartı da alanındaki yenilik ve teknolojik gelişmeleri iyi takip edebilmektir. Tüm eğitim mensuplarına eğitimlerinde ve çalışmalarında başarılar dileriz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-1

AMAÇ

Bitkisel yakıtlarla çalışan motorların temel bakımlarını yapabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- İnternet sitelerinden ve farklı kaynaklardan alternatif taşıt motorları hakkında araştırma yapınız. Yaptığınız araştırmayı rapor hâlinde sınıfta arkadaşlarınız ile paylaşınız.

1.BİTKİSEL YAKITLARLA ÇALIŞAN MOTORLAR

Dizel motorlarda yakıt olarak kullanılan ve yenilenebilir biyolojik maddelerden üretilen yakıtlar biodizel veya biomotorin olarak adlandırılmaktadır. Benzinli araçlar içinde biyolojik yakıtlar üretilmesine rağmen dizel motorlarda sıkıştırma oranının yüksek olması sebebiyle daha iyi sonuçlar ve yanma performansı elde edilmektedir.

1.1.Motorlarda Kullanılan Bitkisel Yakıtlar

Motorlarda bitkisel yağların yanı sıra hayvansal yağlar da yakıt olarak kullanılabilir. Genellikle kolza, soya, mısır, pamuk ve ayçiçeği gibi bitkisel ürünlerin yağlarından biomotorin yakıt üretiminde faydalanılır. Biodizel saf olarak kullanılabileceği gibi petrolden elde edilen motorinle karıştırılarak da kullanılmaktadır. İlk defa 1900’lü yıllarda Rudolf Diesel tarafından yer fıstığı yağı kullanılarak dizel motor çalıştırılmasına rağmen petrolün çok miktarda bulunması ve bu sektörün hızla gelişmesi insanları motorin kullanımına yönlendirmiştir. Ancak 1970 petrol krizi ve tüm dünyada çevre bilincinin artmasıyla alternatif yakıtlar araştırılmaya başlanmış ve ilk olarak da 1992 yılında Amerika Ulusal Soy Dizel Araştırma gurubu tarafından biodizel (biomotorin) üretimi yapılmıştır.

1.2.Bitkisel Yakıtların Özellikleri

Bitkisel yağlar, organik olarak **metil** veya **etil** esteridir. Biodizel üretiminde en çok tercih edilen bitki ise soya fasulyesidir. Elde edilen bitkisel yağlar, alkol (metanol) ile karıştırılarak sodyum hidroksitle tepkime hızlandırılır. Bu kimyasal reaksiyon sonunda bir ester ve gliserin oluşur. Kimyasal olarak esterlemenin tanımı ise ortamdan tri-gliserin molekülü veya yağ asidi almak, serbest asitleri nötrleştirmek, gliserini çıkarmak ve bir alkol esteri oluşturmaktır. Yukarıdaki söylenenleri gerçekleştirmek için metanol (odun alkolü) sodyum hidroksitle karıştırılır ve sodyum metoksit elde edilir. Bu tehlikeli sıvı bitkisel yağla karıştırılıp dinlenmeye bırakılınca gliserin dibe çöker ve metil ester (biomotorin) üstte kalır.

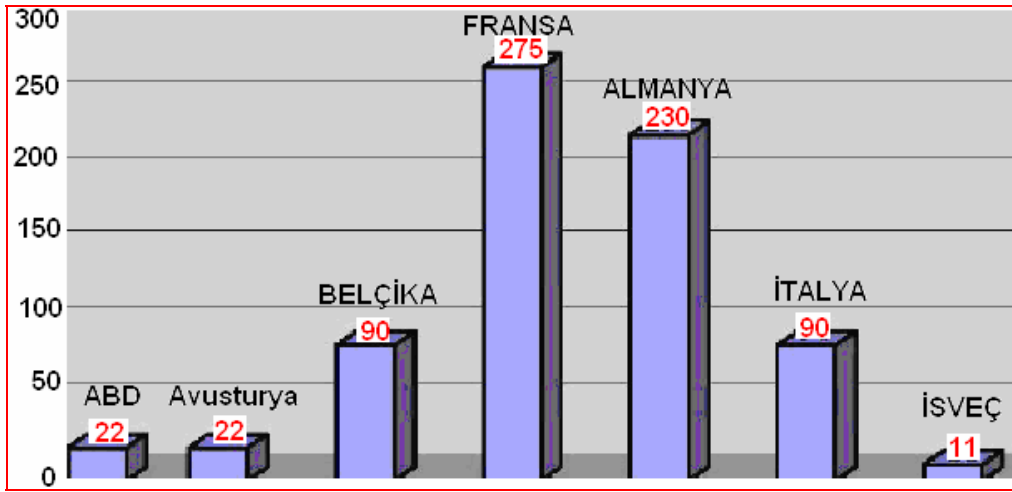
Ester yakıt olarak kullanılırken gliserin de sabun, gübre ve daha birçok endüstriyel ürün yapımında kullanılmak üzere sevk edilir. Bu kimyasal yöntem **transesterifikasyon** yöntemi denilmektedir. Bir diğer yöntemde ise bitkisel yağlar veya kullanılmış eski yağlar süzülerek filtre edildikten sonra maksimum %20 oranında motorine karıştırılarak kullanılmaktadır. Biomotorin verim olarak ve motor performansı yönünden motorine eş değer bir yakıt türüdür. Tablo 1.1’de biomotorin üretilebilecek bitkiler ve yağ verimleri görülmektedir.

Tablo 1.1: Biomotorin üretilebilecek bitkiler ve yağ verimleri

Yağ Bitkisi	Kg Yağ/Hacim	Yağ İçeriği
Acı Bakla	195	6-9
Aspir	655	25-37
Ayçiçeği	800	35-40
Badem	1125	25-50
Bal kabağı	449	24-30
Bezir Yağı	442	49-51
Ceviz	4500	60
Fındık	405	65-75
Hardal	481	27-35
Haşhaş	978	40-50
Jajoba	528	48-52
Jatropha	1590	50
Kakao	863	50
Kenevir	305	30-35
Keten	402	38
Kolza	1000	33-40
Mahun Cevizi	148	38-46
Mısır	145	5-6
Palm	189	50
Pamuk	273	20
Soya	375	17-26
Susam	585	50
Yer Fıstığı	890	36-50
Zencibar	1119	35-38
Zeytin	1019	35-70

1990 yılında Kanada’da CANOLA (Canada ve Oil isimlerinin birleşmesinden türetilmiş ve Kanada’nın genetik ıslah ile 1956 yılında geliştirdiği bir üründür) ekimine başlanmış fakat pahalılığı sorun olamaya başlayınca 1994 yılında Brassica Juncia çeşitlerine yönelmekle maliyeti düşürülmeye çalışılmıştır. Kanada, petrol rafine tekniğine benzer bir yöntem ile biodizel üretimi yapmaktadır. Bu yöntemle setan (dizel yakıt güçlendiricisi), NAFTA (benzin katkısı) gibi yan ürünler elde edilmektedir. Setan katkılı dizel yakıtı, yeşil dizel olarak bilinir. Emisyon ve performans testlerinin olumlu olması sebebiyle bu isim

verilmiştir. Tüm üretimine rağmen Kanada’da biodizel yakıt olarak ticari bir sektör haline gelememiştir. Dünyadaki en büyük biodizel üretim tesisi California’daki Bakersfield tesisinde 1999 üretimi 500.000 galon ve 2002 üretimi 15 milyon galon iken 2003 üretiminin 35 milyon galon olarak belirtilmiştir. 17 Kasım 1997 tarihinde yakıt tankında soya fasulyesinden elde edilen biodizel bulunan küçük bir uçak Minnesota (USA) göklerinde gösteri uçuşu yapmış ve daha sonraki model uçaklar üzerinde yapılan uzun süreli testlerde, yakıt verimi ve yakıt temizliğinin yanında yakıt borularında tıkanma ve korozyon problemlerinde azalma gözlenmiştir. Günümüzde Amerika’da üretilen biodizel yakıtın %90’lık kısmı soya fasulyesi esaslıdır. Smithfield isimli bir şirket çöp atıklarından biyogaz üretimi yapmaktadır. Bu gaz daha sonra biometanol hâline dönüştürülüp nakledilmekte ve kullanım yerlerinin yakınlarında biodizel hâline getirilmektedir. Aşağıdaki grafikte bazı ülkelerin yıllık biomotorin üretimleri milyon litre olarak görülmektedir.



Grafik 1: Bazı ülkelerin yıllık biomotorin üretimleri (milyon litre)

1.3 Bitkisel Yakıtların Avantaj ve Dezavantajları

Biomotorin, üretildiği ve kullanıldığı ülkelere birçok avantaj sağlamaktadır. Bu avantajları şu şekilde sıralayabiliriz:

- Ülkenin dışa bağımlılığını azaltır.
- Tarımsal alanın güçlenmesini ve şehre göçü azaltır.
- Tarımsal atıklardan üretilebilir ve üretimi kolaydır.
- Motorinle farklı oranlarda karıştırılabilir.
- Zehirli atıklar içermez ve doğaya zarar vermez (kükürt oksit SO_x atılmaz, toksik etki gösteren PAH %80 azalır).
- Saf ve karışım hâlinde kullanılmasında egzoz gazı daha az zehirleyici olur ve kokusu daha iyidir. Hidrokarbon ve karbon monoksit yayılımında azalma (Biomotorinin yanması sonucunda çevreye atılan zararlı gazların dizel yakıtına göre; %15 daha az CO, CO_2 oranında %78’lik bir azalma, %27 daha az HC,

%22 daha az partikül, %50 daha az is ve %10 daha düşük ısı değeri, buna karşın sadece %5 daha fazla NOx ve ortalama yakıt tüketimi dizel motordan %3 daha fazladır).

- Biomotorin kış aylarında da kullanılabileceğini, kış aylarında çok düşük olmayan sıcaklıklarda motorun ilk çalışmasında sorun çıkarmamaktadır.
- Yakıt filtrelerinde veya yakıt pompalarında herhangi bir probleme rastlanmaz, ayrıca motor üzerinde bir değişiklik olmadan biodizel kullanılabilmektedir.

Yukarıda verilen sayısal değerler biodizelin türüne göre ve motordan motora değişim gösterebilir.

Aşağıdaki tabloda 10000 km’de farklı motorlara sahip taşıtların çevreye bıraktığı CO ve HC miktarları görülmektedir.

EMİSYONLAR	Benzinli Taşıt	Dizel Taşıt	Biodizel Taşıt
CO (10.000 km/g Karbon Monoksit)	21	7.5	4.9
HC (10.000 km/ppm (Hidro Karbon))	36	1.5	2.0

Tablo 1.2: Biomotorin ve diğer yakıtların emisyon değerleri

Biomotorinin bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Bunlar;

- Maksimum %5’lik bir verim kaybına neden olurlar. Ancak aşırı yük gibi özel durumlarda belirlenebilmektedir.
- Tarım sektöründe yeterli ekim yapılmaması ve vergilerin azaltılmaması, bu ürünün pahalı olmasına sebep olacaktır.
- Yapılan araştırmalar devam etmekte olup, tam bir faydalı üretim şekli geliştirilememiştir.

Biomotorin, Avrupa Birliği’nde çevre kirliliğini önlemek için kabul edilmiş olan Euro 3 normlarına göre zararsız yakıtlar sınıfına alınmıştır. Aynı standartlar ülkemiz tarafından da kabul edilmiş ve TSE tarafından TS-4236 ve TS-5648 numaralı standartlar olarak tüm araçlar için uygulanmaktadır. Ancak Avrupa’da Euro 4 normları yayınlanmış ve uygulanmaktadır. Bu standartlar, taşıtlar için oldukça ağır çevre koruma standartları getirmektedir.

1.4.Bitkisel Yakıtların Motor Performansına Etkileri

Bitkisel yakıtlar motor performansını fazla düşürmemektedir. Dezavantajlar kısmında anlatıldığı gibi yaklaşık olarak %5’lik bir performans düşüşü meydana gelmekte, bu durum da aşırı yüklenme durumunda anlaşılmaktadır. Belli bir süre kullanımdan sonra yakıt filtrelerinde veya yakıt pompalarında herhangi bir probleme rastlanmadığı gözlenmiştir. Ayrıca motor üzerinde teknik bir değişim olmadan biodizelin kullanılabilmektedir. Biodizel, kış aylarında da kullanılabilmekte ve motorun ilk çalışmasında hiçbir sorunla karşılaşmamaktadır. Ancak motorinin pullanma sıcaklığı -7°C iken, biomotorininki

+3°C'dir. Bu derecelerde yakıt jel hâline geçmekte ve filtreleri tıkararak yakıt akışının kesilmesine neden olmaktadır. Bu durum çok soğuk ortamlarda sorun çıkarabileceği için çeşitli katkılarla donma derecesi yükseltilmelidir. Bununla birlikte hava ısısındaki değişimlerde motor performansını etkilememektedir. Biodiesel iyi bir yağlama yeteneğine sahip olduğundan yüksek derecede motor aşınması oluşturmamaktadır. Biomotorinin en büyük avantajı egzoz emisyon değerlerinin çok düşük olmasıdır.

Tablo1.3'te biomotorin üretilen önemli ürünlerin yağlarından elde edilen biomotorin yakıtlarının fiziksel ve kimyasal özellikleri görülmektedir.

Yakıtlar	Kalori (MJ/kg)	Yoğunluk (kg/dm ³)	Viskozite (mm ² /s)		Setan sayısı	Parlama noktası (°C)	Kimyasal formülü
			27°C	75°C			
Motorin	43.35	0.815	4.3	1.5	47	58	C₁₆H₄₃
Ayçiçeği	40.56	0.878	10	7.5	45 – 52	85	C₅₅H₁₀₅O₆
Pamuk	40.58	0.874	11	7.2	45 – 52	70	C₅₄H₁₀₁O₆
Soya	39.76	0.872	11	4.3	37	69	C₅₃H₁₀₁O₆
Mısır	37.83	0.915	46	10.5	37.6	270 – 295	C₅₅H₁₀₃O₆
Haşhaş	38.92	0.921	56	13	-	-	C₅₇H₁₀₃O₆
Kolza	37.62	0.914	39.5	10.5	37.6	275–290	C₅₇H₁₀₅O₆

Tablo 1.3: Biomotorine dönüştürülmüş bitkilerin fiziksel ve kimyasal özellikleri

1.5. Bitkisel Yakıtlı Motorların Bakımları

Bitkisel yakıtlar, günümüzde en çok dizel motorlu araçlarda kullanılmaktadır. Sistemde genelde hiçbir değişiklik yapılmamaktadır. Bu sebeple motor bakım ve tamirleri için dizel motorlar modüllerinden yararlanabilirsiniz.

UYGULAMA FAALİYETİ

İşlem Basamakları	Öneriler
➤ Biodizel yakıtın özelliklerini dikkatlice inceleyiniz.	➤ Modül kitapçığından ve internet sitelerinden konuyla ilgili araştırma yapınız.
➤ Biodizel yakıtın egzoz emisyon değerlerini inceleyiniz.	➤ Atölyede %20 oranında bitkisel yağlarla, motorini karıştırıp motoru çalıştırınız ve emisyon değerlerini analiz cihazı yardımıyla belirleyiniz.
➤ Biodizel taşıtların tamir ve bakımyöntemlerini araştırınız.	➤ Biodizel taşıtlar, normal dizel taşıtlardan farklı olmadığı için dizel motorlar modülünden faydalanabilirsiniz.
➤ Biodizel yakıtını diğer alternatif yakıtlarla karşılaştırınız.	➤ Taşıtlarda kullanılmakta olan ➤ Farklı alternatif yakıtları karşılaştırarak arkadaşlarınızla tartışınız.
➤ Euro 4 taşıtlar için çevre korumastandartlarını araştırarak arkadaşlarınızla paylaşınız.	➤ TSE ve sanayi odasından ilgili standartlar ve kurallar hakkında bilgi toplayarak arkadaşlarınızla paylaşınız.

ÖLÇME DEĞERLENDİRME

A. OBJEKTİF TESTLER

Aşağıdaki test sorularında doğru olan seçeneği işaretleyerek cevap anahtarı ile karşılaştırıp yanlış cevaplandığınız kısımları yeniden okuyunuz.

- Aşağıdakilerin hangisi dizel motorlarda kullanılan yakıttır?
A)Benzin
B)Soya yağı
C)Hidrojen
D)LPG
- Biyolojik yakıtların kullanımı hangi sektörün canlanmasını sağlar?
A)Sanayi
B)Tekstil
C)Otomotiv
D)Tarım
- Aşağıdakilerden hangisi pahalı olduğu için Kanada ekimi durdurmuştur?
A)Kanola
B)Mısır
C)Jojoba
D)Kanola
- Dizel motorlarda kullanılan motorinin donma noktası kaç derecedir?
A)0 °C
B)3 °C
C)-8 °C
D)-7 °C
- 10.000 A) km'de biodizel taşıtların çevreye bıraktığı CO miktarı hangisidir?
A)7.5
B)4.9
C)8.2
D)10

B. DOĞRU YANLIŞ SORULARI

- Aşağıdaki ifadelerden doğru olanlara (D), yanlış olanlara (Y) harfi koyunuz.

6. () Euro 4 taşıtlarda kullanılan Amerikan çevre koruma standardıdır.
7. () Biodizel motorlar, performans olarak diğer motorlara göre daha avantajlıdır.
8. () Dizel motorlarda biomotorin yakıtı, çevre sağlığı için avantajlıdır.
9. () ABD en fazla biomotorin üreten ülkedir.
10. () Biomotorin üretimi ülkenin dışa bağımlılığını azaltır.

DEĞERLENDİRME

Öğrenme faaliyeti ile ilgili soruları kendinize uygulayınız. Verdiğiniz cevaplar arasında yanlış cevap var ise tekrar ilgili konuya dönerek konuyu tekrar ediniz.

Bütün cevaplarınız doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-2

AMAÇ

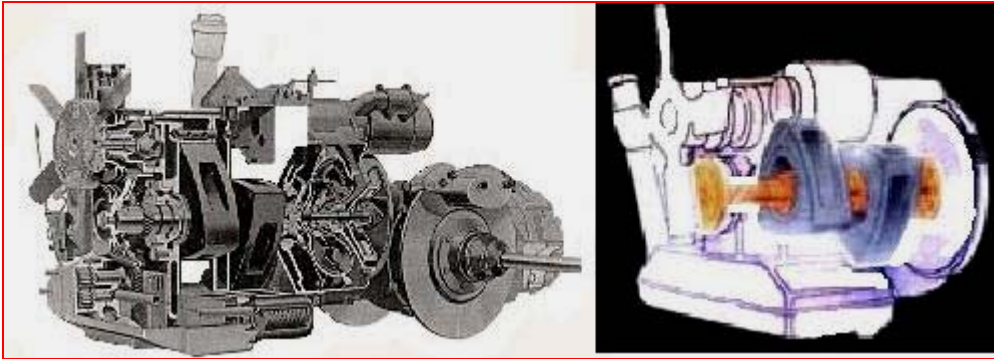
Wankel motorlarının çalışma prensibini kavrayabilecek ve temel bakımlarını yapabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- İnternet sitelerinden ve farklı kaynaklardan alternatif taşıt motorları hakkında araştırma yapınız. Yaptığınız araştırma sonucunu rapor hâline getirerek sınıfta arkadaşlarınız ile paylaşınız.

2. WANKEL MOTORLARI

Wankel motor veya diğer adıyla **rotary** motor, 1954 yılında NSU firmasında tekniker olarak çalışan Felix Wankel tarafından icat edilmiştir. İlk defa NSU Spider isimli araçta kullanılan bu motor rallilerde büyük başarı kazanmasına rağmen motor segmanlarının yetersiz kalmasında dolayı çok sorun çıkardığı için üretimi durduruldu. Geçtiğimiz yıllarda Japon Mazda firması motoru geliştirerek Mazda RX7 isimli bir araç üretti. Fakat bu araç da pistonlu motorlar karşısında rekabet edemediği için üretimi durdurulmuştur. Ancak günümüzde malzeme ve üretim teknolojilerinin gelişmesi ve alternatif yakıt ile alternatif motor arayışları ile gündeme gelmiştir. Resim 2.1’de wankel motoru gösterilmektedir.



Resim 2.1: Wankel motoru

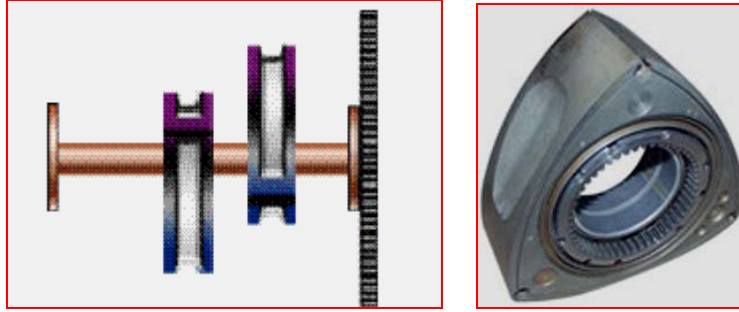
2.1.Wankel Motorların Çalışma Prensibi

Wankel (Döner pistonlu) motorunun kullanışlı oluşunun en önemli sebebi mekanik olarak imalatının kolaylığıdır.

Motorun hareketli olarak iki kısmı vardır:

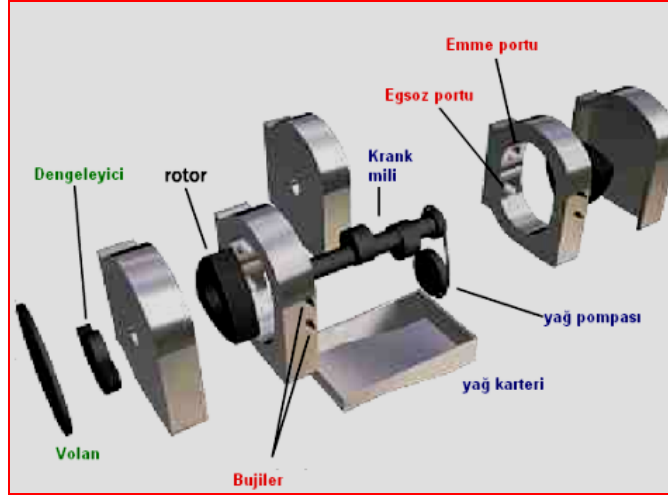
- Döner piston (rotor)
- Krank mili (eksantrik)

Döner piston; krank mili üzerinde döner. Krank mili, bir nokta yani merkeze göre dairesel hareketle dönmesine karşılık; üzerinde hareket eden döner piston silindir içerisinde eliptik bir hareket ile döner. Bu motorlarda supap mekanizması ve supap mekanizmasına hareket veren eksantrik (kam) mili yoktur. Emme ve egzoz supapları olmamasına rağmen motorun emme zamanında temiz hava ve yakıt karışımı hava giriş geçitlerinden (portları) girer ve yanma sonundaki zehirli gazlar, egzoz portundan atmosfere çıkar. Döner pistonlar üzerinde elde edilen güç, krank mili vasıtası ile vites kutusuna geçer. Döner pistonun içindeki dişliler, krank mili üzerindeki dişlilerle birlikte döner. Resim 2.2’de rotor görülmektedir.



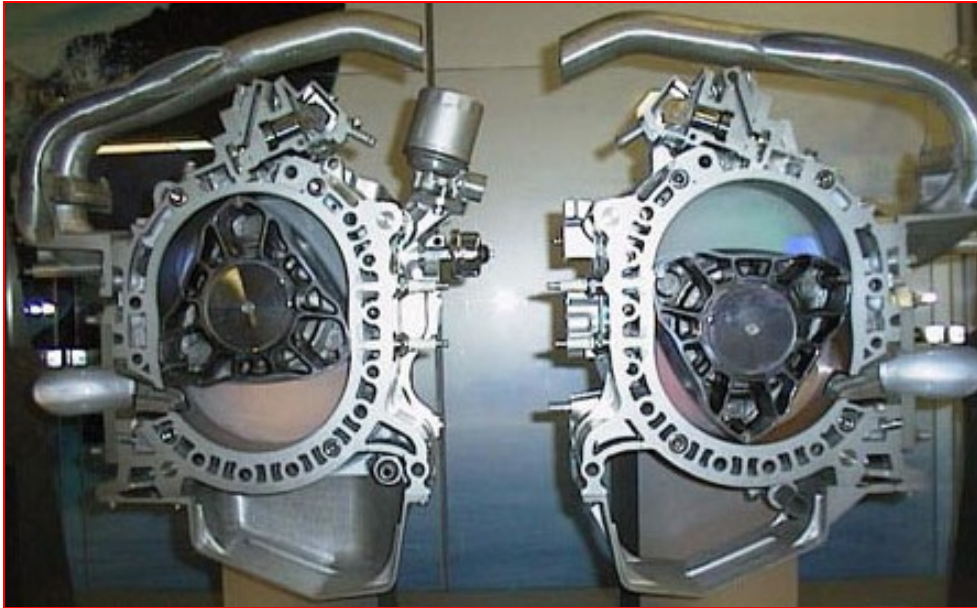
Resim 2.2: Rotor yandan ve önden görünüşü

Pistonla gövde arasındaki izafi hareket redüksiyon oranı $2/3$ olan bir çift iç ve dış dişli ile temin edilmektedir. Resim 2.2’de gösterilmiş bulunan bu dişlilerden küçük ve dış dişli olanı gövde üzerinde ve sabit; iç dişli ise pistonla beraber dönmekte ve gövde üzerindeki sabit dişli üzerinde yuvarlanmaktadır. Buna göre eksantrik mili aynı zamanda pistonu yatak vazifesi görmektedir. Eksantrik mili, bir devir döndüğü zaman piston, eksantrik miline nazaran 120° dönmektedir. Buna göre pistonun gövdeye nazaran bir devir dönüp yanma odasında cereyan eden olayların periyodunu tamamlaması için eksantrik milinin 3 defa dönmesi gerekir. Yani bir iş elde edebilmek için eksantrik mili dişlisi, dıştaki dişli etrafında $3 \times 120^\circ = 360^\circ$ dönmelidir. Resim 2.3’te Wankel motorunun komple parçaları görülmektedir.



Resim 2.3: Wankel motor parçaları

Pistonun her devrinde yanma odalarındaki iş çevrimlerinin tamamlanmış olması nedeniyle, bu motora zaman bakımından bir isim vermek gerekirse iki zamanlı demek gerekir. Ancak yanma odalarındaki olayların her birisi yani emme, sıkıştırma, ateşleme ve egzoz eşit açılar işgal etmektedir. Buna göre klasik pistonlu motorlara benzer olarak, bu motora dört zamanlı demek gerekirdi. Zaten ne olursa olsun bu motorda piston ve eksantrik miline ait olmak üzere iki devir sayısı tarif etmek mümkündür. İş; eksantrik milinden alındığına göre ve dışarıya sadece bu milin uçları çıktığına göre eksantrik mili devir sayısının mukayese için kullanılması daha uygun olacaktır.



Resim 2.4: Wankel motorunun kesit resmi

2.2. Motor Çalışma Zamanları

Döner pistonlu motorlarda da dört zamanlı pistonlu motorların çalışma prensibi uygulanmaktadır. Pistonlu motorlarda bulunan alt ölü nokta ile üst ölü nokta arasında pistonun kat ettiği yola strok denilmektedir. Ancak bu motorlarda piston olmadığı için bu motorlara 4 zamanlı (stroklı) motor yerine, 4 fazlı motor da denilmektedir.

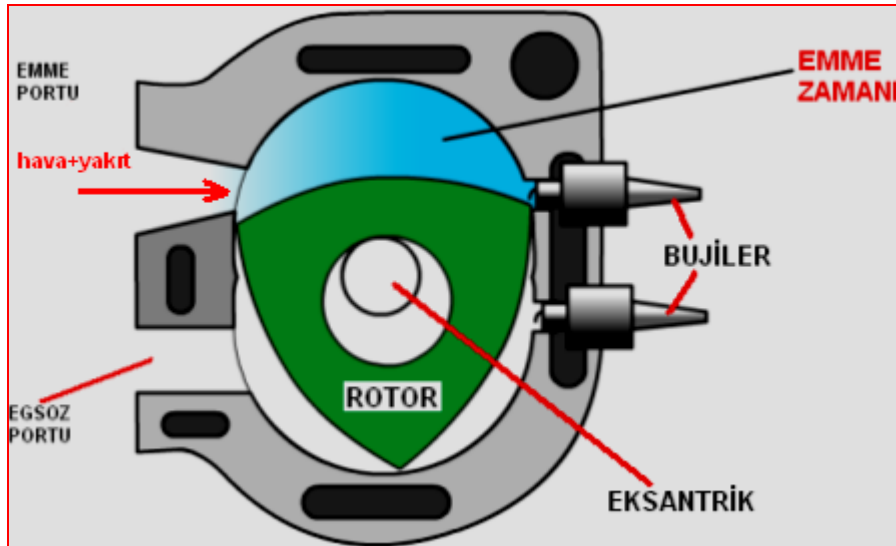
Wankel motorlarında zamanlar:

- 1. zaman: Emme,
- 2. zaman: Kompresyon (sıkıştırma),
- 3. zaman: Ateşleme (iş),
- 4. zaman: Egzoz olarak isimlendirilmektedir.

Bu motorlarda döner piston, motor bloğu içinde yaptığı bir dönme hareketi ile dört zamanı tamamlar. Fakat döner piston üzerinde 120° 'lik açı farkı ile üç ateşleme yüzeyi vardır. Yani döner piston, bir devrini tamamladığında emme, sıkıştırma, ateşleme zamanlarını yapar. Böylece bu çalışma prensibi ile az hacimde, çok güç elde edebilmektedir.

2.2.1. Emme Zamanı

İçten yanmalı motorlarda olduğu gibi emme zamanında hava yakıt karışımı silindir içerisine emme portundan alınır. Şekil 2.1'de emme zamanı görülmektedir.

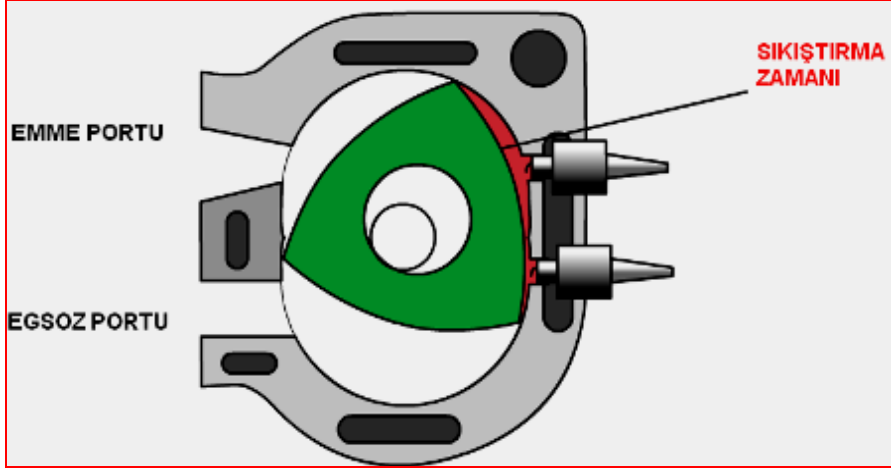


Şekil 2.1: Emme zamanı

2.2.2. Sıkıştırma Zamanı

Bu zamanda içeri alınan yakıt-hava karışımı, rotorun iki ucu tarafından silindir yüzeyine sıkıştırılarak basıncı yükseltilir. Rotor döndükçe silindir içerisindeki karışımı

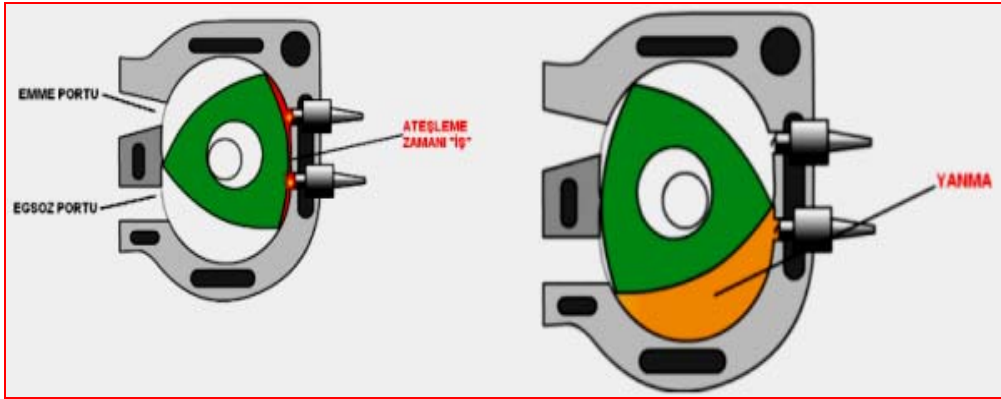
sıkıştırır ve dolguyu ateşlemeye hazır hâle getirir. Şekil 2.2’de hava-yakıt karışımının sıkıştırma zamanı görülmektedir.



Şekil 2.2: Sıkıştırma zamanı

2.2.3 Ateşleme (İş) Zamanı

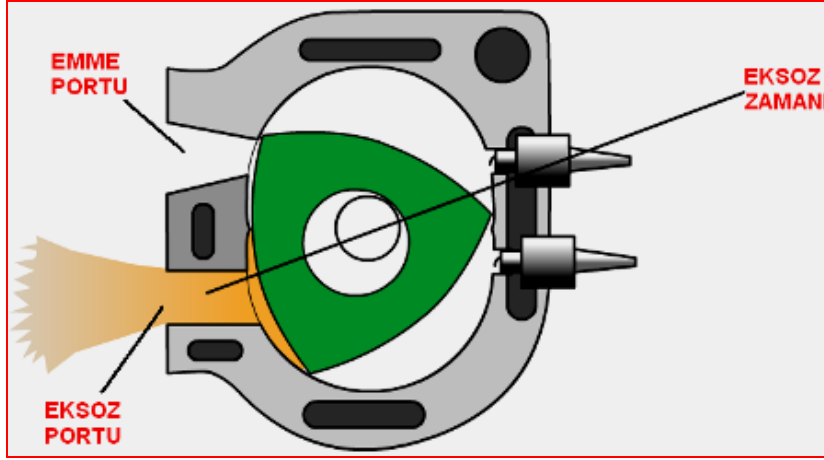
Sıkıştırılan hava-yakıt karışımı, bujiler tarafından ateşlenerek yanma olayı gerçekleşir. Yanmayla birlikte oluşan genleşme ve basınç dalgası ile rotor dönmeye başlar ve bu sayede istenilen güç sağlanmış olur. Şekil 2.3’te ateşleme zamanı ve motor içerisindeki yanma olayı görülmektedir.



Şekil 2.3: Ateşleme (iş) zamanı

2.2.3. Egzoz Zamanı

Egzoz zamanında hava-yakıt karışımının yanması sonucu meydana gelen yanmış gazlar, egzoz portu üzerinden, egzoz manifoldu ve borular aracılığıyla atmosfere gönderilir. Bu esnada rotorun bir ucu egzoz gazların dışarı gönderirken, diğer ucu emme portunu kapatmaktadır. Şekil 2.4’te egzoz zamanında motorun iç kısmı görülmektedir.



Şekil 2.4: Egzoz zamanı

2.3. Wankel Motorların Avantaj ve Dezavantajları

Wankel motorun bazı avantajları olmasına rağmen halen giderilmeyi bekleyen birçok dezavantajı bulunmaktadır.

Bu dezavantajları şu şekilde sıralayabiliriz:

- Bu zorlukların içerisinde en önemlisi yanma (ateşleme) odasının sızdırmazlık durumudur. Çünkü normal pistonlu motorlarda yuvarlak piston üzerinde yine yuvarlak segmanlar ile kompresyonun kartere kaçması önlenirken ateşleme odasının sızdırmazlığı ise silindir kapağının, silindir gövdesine özel conta ve cıvatarla sıkılmasıyla sağlanır. Fakat döner pistonlu motorlarda ise döner pistonun her 120°'deki pistonun ucunda ve döner pistonun yan yüzeylerinde kompresyonun sızması en önemli problemdir. Bunun yanında döner pistonun (rotor) yağlanması esnasında yağın ateşleme hücreğine kaçmaması için özel yağ keçelerinin veya yağ segmanların bulunması lazımdır. Döner pistonlu motorun sızdırmazlık sağlayan segman, keçelerinin toplamı normal pistonlu motorlarınkinden daha azdır. Fakat bu motorların yapısı ve verimliliğini sağlayan keçelerin, segmanların imalatı daha zor ve pahalıdır.
- Wankel motorun önemli sorunlarından birisi olan gürültülü çalışma rotorun hızla açılan egzoz portu önünden kayarak geçmesiyle oluşmaktadır. Ancak bazı wankel motorlarında kullanılan egzoz sistemi ile ses dalgalarının dağıtılmasıyla egzozun ses tonu geliştirilmiştir.
- Döner pistonlu motorlarda önemli problemlerden biriside sıkıştırılmış yakıt-hava karışımının ateşleme hücreğinde iki kademede art arda yanma yaparak ısı ve basınç dalgasının bujiler üzerinden egzoz portlarına doğru akması esnasında malzeme üzerinde istenmeyen fazla ısının kalmasıdır. Her ne kadar emme portları yönünden ateşleme odasına temiz ve soğuk bir hava akımı girdiği zaman soğutmaya yardımcı oluyorsa da, yine de silindir ve döner piston üzerinde kalan istenmeyen sıcaklık malzemelerin aşırı derecede genişlemesine

sebeplere olacağından bu malzemelerin sızdırmazlık sağlamasında büyük güçlükler meydana getirmektedir.

- İçten yanmalı motorların 100 yılı aşkın süredir kullanılıyor olmasından dolayı, sürekli geliştirilerek bugün bu motorlar üzerine yaygın bir tecrübenin bulunması alternatif motorların rekabet gücünü azaltan ve büyük bir dezavantaj oluşturan en mühim etkidir.

Wankel motorunun avantajları ise şu şekilde sıralanabilir:

- Döner pistonlu motorlarda kompresyon (sıkıştırma oranı); diğer pistonlu motorlara nazaran daha yüksek olup ateşleme sonunda yüksek basınçlı alevin kat ettiği yol da daha uzundur. Bunun için her ateşlemede daha fazla yanma gücü elde edilir. Bu motorlarda ateşleme odası iki kısımlı olup, ikinci kısım yanma hücresi daha küçüktür. Böylece ateşleme hücresinin birinci kısmında başlayan yanma, ikinci kısımda daha dar bir ateşleme hücresine girince yanma basıncı daha yüksek bir değere çıkar ve bu anda alev dalgası türbülans şeklinde döner pistonun yüzeyine basınç yaparak dönme hareketini sağlar.
- Döner pistonlu motorlar, çeşitli oktan sayılı benzinlere ve farklı özellikteki yakıtlara göre değişik kompresyonlara uygun imal edilebildiklerinden her türlü yakıtla kullanılabilir.
- Bu motorların bazı eksikleri giderildiğinde yüksek hızlar ve torkların elde edilmesi daha kolay olacaktır. Çünkü içten yanmalı motorlara nazaran ağırlıklar dolayısıyla meydana gelen atalet kuvvetleri daha azdır.

2.4. Wankel Motorun Karakteristikleri

Wankel motorlar hız, tork, performans gibi karakteristikler yönünden, içten yanmalı motorlarla karşılaştırıldığında birçok üstünlüğe sahiptir. Çünkü bu motorların ağırlıkları daha az ve direkt olarak dairesel hareket üretilmektedir. Bu sebeple motor milinden az yakıtla daha çok güç alınabilmektedir.

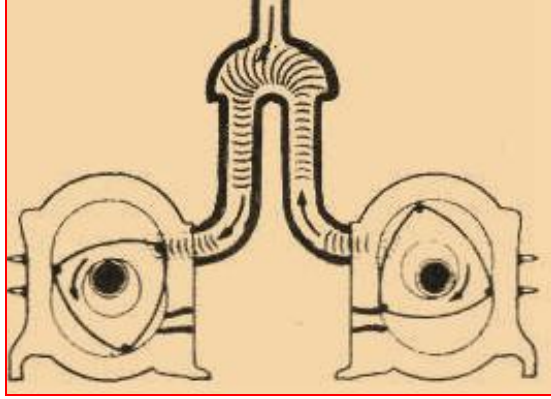
Ancak rotor kısmındaki yağ ve kompresyon segmanlarının yetersizliği sebebiyle oluşan kaçakların engellenememesi büyük dezavantajlar oluşturmaktadır. Malzeme teknolojilerindeki gelişmelerle birlikte ve hidrojen enerjisinin taşıtlarda kullanılmasıyla wankel motorların tekrardan taşıtlarda kullanılması düşünülecektir.

Motorda rotor başına üç adet emme girişi bulunmaktadır. Dinamik etkili emme sistemi ile bir rotorun basınç dalgalarını diğerinin doldurulmasında kullanmakta ve her rotor için çift yakıt enjektörü bulunmaktadır. Yeni döküm teknikleri ile rotorların ağırlığı % 14 oranında hafifletilirken, daha ince üç parçalı apex contalar ile sızdırmazlık ve sürtünme azaltılmaktadır. Ayrıca rotor muhafazalarının delikli krom yüzeyi de sızdırmazlığa katkıda bulunmaktadır.

Wankel motorda egzoz portundaki çok odalı kısım motorun ses yoğunluğunu kontrol amacıyla tasarlanmıştır. Wankel motorun önemli sorunlarından birisi olan gürültülü çalışma rotorun hızla açılan egzoz portu önünden kayarak geçmesiyle oluşmaktadır. Ancak ses dalgalarının dağıtılmasıyla egzozun ses tonu geliştirilmiştir.

Wankel motorlarında dinamik etkili emme sistemi ile motora eklenen turbo kompresörle güç artışı sağlanabilmektedir. İki salyangoza sahip turbo ve intercooler ile

normal motora oranla daha fazla tork elde edilmektedir. Egzozda primer ve sekonder (daha geniş) olmak üzere iki adet port bulunmaktadır. Emme vakumu, geniş olan sekonder portu düşük devirde kapalı tutarak egzoz portundan gelen sıcak hava ile dışarıdan gelen havayı ısıtmaktadır. Şekil 2.5'te wankel motorunda turbo sistemi görülmektedir.

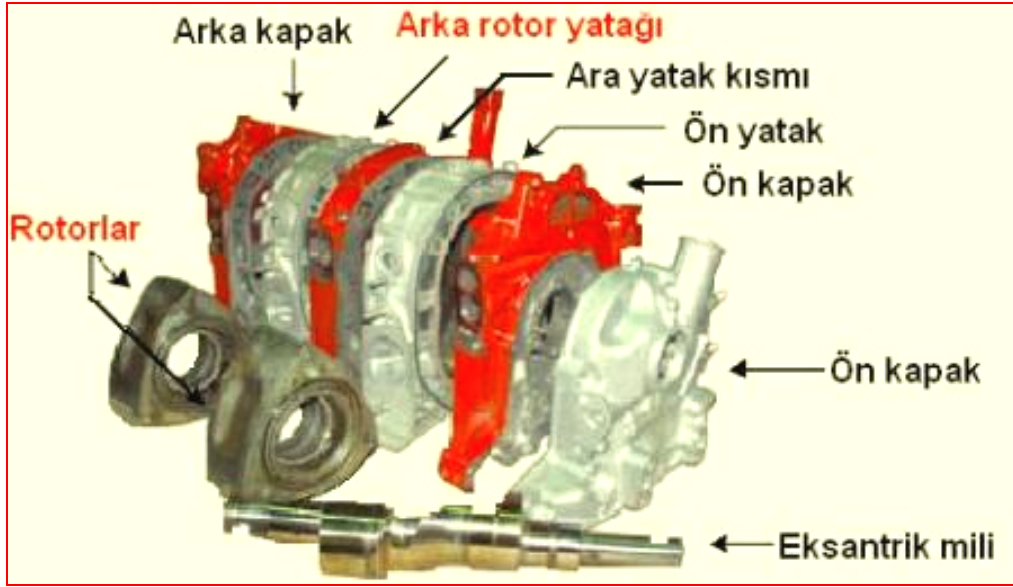


Şekil 2.5: Wankel motorunda turbo sistemi

Hidrojen geleceğe damgasını vuracak bir alternatif yakıttır. Hidrojenin yararlı olarak kullanılmasını sağlayacak motorlar da geleceğin motorları olarak görülen Wankel motorlarının olabileceği düşünülmektedir. Wankel rotorlarının döndüğü odacık içerisinde hareketli bir yanma hacmi meydana gelmekte ve diğer motorlara oranla daha fazla olan yüzey alanı ortaya çıkan ısıyı dağıtmaktadır. Wankel emme, kompresyon, genişleme ve egzoz bölgelerinin birbirinden farklı olması sonucu hidrojenin hızlı hareket eden alevi hiç bir problem yaratmamaktadır. Wankel motoru ile hidrojenin birbirine çok uygun olduğunu düşünmektedir. Wankel motor, hidrojen kullanımına yatkındır.

2.5 .Wankel Motorların Bakımları

Bu motorlar, geçmiş yıllarda sadece iki araç modelinde kullanıldıktan sonra engellenemeyen dezavantajları yüzünden üretimden kaldırılmıştır. Bu zorlukların en önemlisi, ateşleme odasını sızdırmazlık durumudur. Çünkü normal pistonlu motorlarda yuvarlak piston üzerinde yine yuvarlak segmanlar ile kompresyonun kartere kaçması önlenirken ateşleme odasının sızdırmazlığı ise silindir kapağı ile silindir gövdesi arasına özel conta ve civata sıkılarak sağlanır. Fakat döner pistonlu motorlarda ise döner pistonun her 120°'deki pistonun ucunda ve döner pistonun yan yüzeylerinde kompresyonu tutacak sızdırmazlık en önemli problemdir. Bunun yanında döner pistonun (rotor) yağlanması esnasında yağın ateşleme hücrelerine kaçmaması için özel yağ keçelerinin veya yağ segmanların bulunması lazımdır. Bu motorlarda ateşleme sistemi, yakıt sistemi ve aktarma organları pistonlu içten yanmalı motorlarla aynı özelliklere sahiptir. Resim 2.5'te bir Wankel motorun sökülmüş halde parçaları görülmektedir.



Resim 2.5: Wankel motor sök÷lm÷ş halde parçaları

UYGULAMA FAALİYETİ

İşlem Basamakları	Öneriler
➤ Wankel motorun özelliklerini dikkatlice inceleyiniz.	➤ Modül kitapçığında ve internet sitelerinden konuyla ilgili araştırma yapınız.
➤ Wankel motorun egzoz emisyon değerlerini inceleyiniz.	➤ Atölyede motoru çalıştırınız ve emisyon değerlerini analiz cihazı yardımıyla belirleyiniz.
➤ Wankel motorlu taşıtların tamir ve bakım yöntemlerini araştırınız.	➤ Farklı kaynaklar ve internet sitelerinden faydalanabilirsiniz.
➤ Wankel motorunu diğer alternatif motorlarla karşılaştırınız.	➤ Taşıtlarda kullanılmakta olan farklı alternatif motorları karşılaştırarak arkadaşlarınızla tartışınız.
➤ Euro 4 taşıtlar için Avrupa çevre koruma standartlarını araştırarak arkadaşlarınızla paylaşınız.	➤ TSE ve sanayi odasından ilgili standartlar ve kurallar hakkında bilgi toplayarak arkadaşlarınızla paylaşınız.
➤ Wankel motorunu geliştirmek ve dezavantajlarını ortadan kaldırmak için yapılması gerekenleri sınıfta tartışınız.	➤ Wankel motorun avantaj ve dezavantajlarını dikkatlice okuyunuz.

ÖLÇME DEĞERLENDİRME

A. OBJEKTİF TESTLER

Aşağıdaki test sorularında doğru olan seçeneği işaretleyerek, cevap anahtarı ile karşılaştırıp yanlış cevaplandığınız kısımları yeniden okuyunuz.

1. Aşağıdakilerin hangisi Wankel motorlarda kullanılan yakıttır?
A)Benzin
B)Motorin
C)Hidrojen
D)Biodizel
2. Wankel motorlarında dönen parçanın adı nedir?
A)Rotor
B)Stator
C)Krank mili
D)Piston
3. Aşağıdakilerden hangisi Wankel motorun bir elemanıdır?
A)Emme supabı
B)Rotor
C)Piston
D)Egzoz supabı
4. Wankel motor için hangi alternatif yakıt uyumludur?
A)Metanol
B)Biomotorin
C)Hidrojen
D)Etanol
5. Wankel motorda bir iş elde etmek için rotor mili (eksantrik) kaç derece dönmelidir?
A)720°
B)360°
C)270°
D)180°

B. DOĞRU- YANLIŞ SORULARI

- Aşağıdaki ifadelerden doğru olanlara (D), yanlış olanlara (Y) harfi koyunuz.

6. () Wankel motor ;doğrusal hareketi, dairesel harekete çevirir.
7. () Wankel motorlar, içten yanmalı motorlara göre daha avantajlıdır.
8. () Wankel motorun diğer adı rotary motordur.
9. () Bu motorlarda turbo ve intercooler kullanılmaktadır.
10. () Wankel motorlarda ateşleme sistemi bulunmaz.

DEĞERLENDİRME

Öğrenme faaliyeti ile ilgili soruları kendinize uygulayınız. Verdiğiniz cevaplar arasında yanlış cevap var ise tekrar ilgili konuya dönerek konuyu tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-3

AMAÇ

Elektrikli hybrid motorların çalışma prensibini kavrayabilecek ve temel bakımlarını yapabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- İnternet sitelerinden ve farklı kaynaklardan alternatif taşıt motorları hakkında araştırma yapınız. Yaptığınız araştırmayı rapor hâline getirerek sınıfta arkadaşlarınız ile paylaşınız.

3. ELEKTRİKLİ HİBRİD MOTORLAR

Hibrid motorlarla ilgili ilk çalışmalar 20. yüzyılın başlarına 1905 yılına gitmektedir. Bir Amerikalı mühendis olan H. Piper; 23 Kasım 1905'te önce hibrid taşıtını bir patent için düzenledi. Taşıtı 10 saniyede 25 mile (40 km/h) ivmelenebilmiştir. Piper bugün standart hibrid taşıt olarak bilinen bir elektrik motoru ve bir benzin motorundan oluşan sistem ile bunu gerçekleştirdi. Ancak içten yanmalı motorlarla mücadele edememiştir. 1970'lerde petrol krizinin gerçekleşmesinden önce geçen 50 yıl çeşitli deneysel hibrid taşıtlarının üretilmesine önderlik etmiştir. Daha sonra petrol kaynaklarının azalması ve çevre kirliliğine karşı önlem alınmasıyla birlikte 1990'larda hibrid teknolojileri üzerinde temel çalışmalar başlatılmıştır. Halen tüm gelişmiş ülkelerde araştırmalar devam etmektedir.

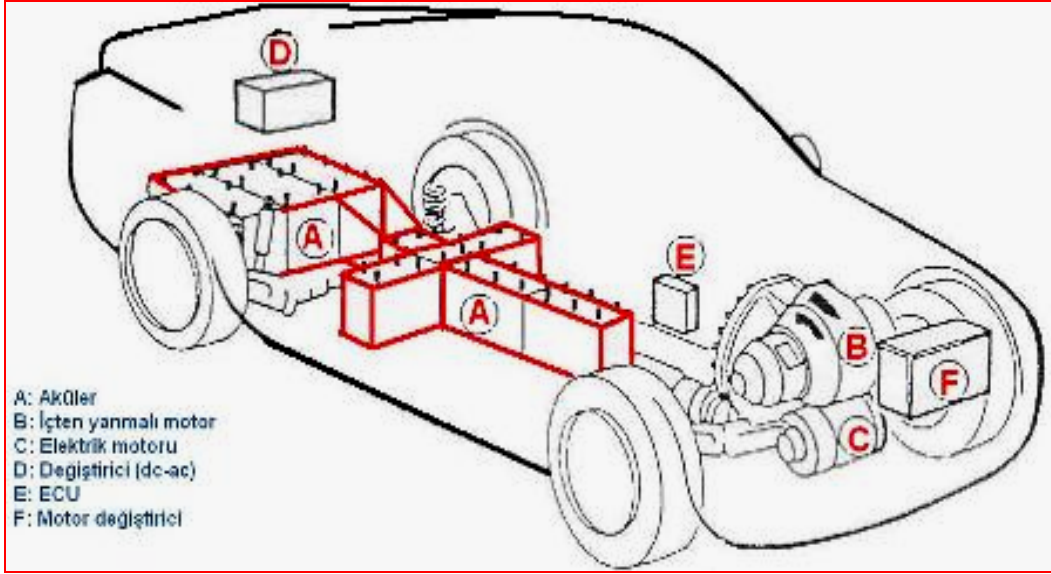
3.1. Elektrikli Hybrid Motorların Çalışma Prensipleri

Elektrikli taşıtların menzillerinin kısa oluşu hibrid taşıtları gündeme getirmiştir. Bir elektrik motoru yardımcı güç ünitesi olarak içten yanmalı motor ile birlikte kullanılmak suretiyle menzili artırılmıştır. Yardımcı güç ünitesi olarak benzinli, dizel, sıvı petrol gazlı, doğal gazlı bir içten yanmalı motor kullanılabildiği gibi; gaz türbini veya jeneratör de kullanılabilmektedir. İçten yanmalı motor genellikle taşıt üzerindeki aküleri şarj etmek için kullanılmaktadır. Ayrıca şehir içi kullanımlarda düşük hızlarda ve daha az egzoz emisyonu sağlamak için elektrik motoru ile hareket edilirken, yüksek hızlarda ve şehir dışı mekânlarda içten yanmalı motorla hareket sağlanmaktadır. Şekil 3.1 ve 3.2'de elektrikli hibrid taşıtın genel yapısı görülmektedir.

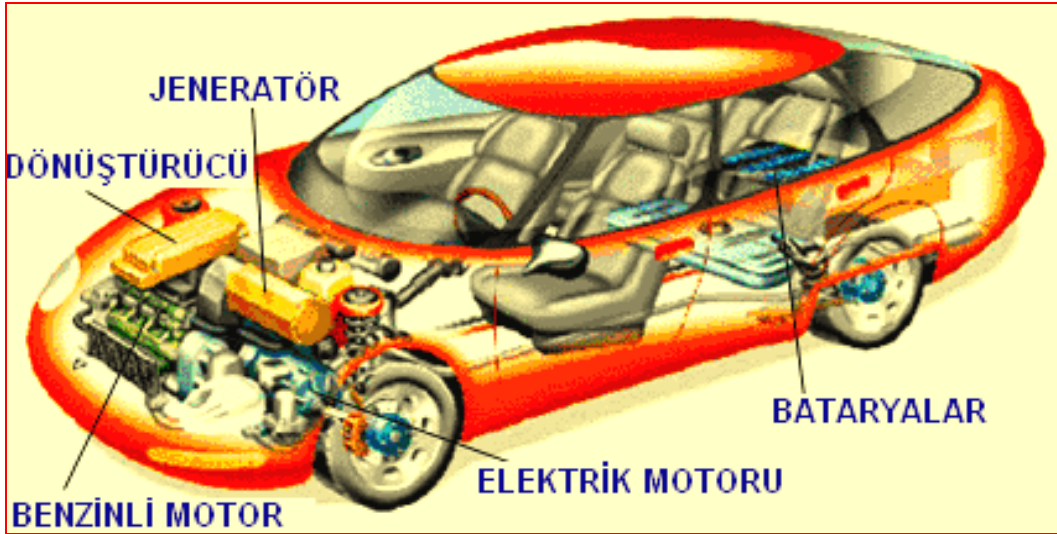
Bu tip taşıtlarda şoför, taşıt hareketinin elektrikle, yardımcı güç ünitesi ile veya her ikisini birlikte kullanarak sağlanmasını seçebilmektedir. Bu sisteme elektrikli hibrid taşıt adı verilmektedir. Ancak hibrid tahrikli taşıtlar; elektrikli taşıtın bazı dezavantajlarını azaltmak amacıyla elektrikli taşıta geçiş aşaması olarak düşünülmüş ve geliştirme aşamasında olup,

yardımcı güç ünitesinin (içten yanmalı motor) emisyonlarının azaltılmasına çalışılmaktadır. Ayrıca bu taşıtlarda, iki güç ünitesinin olması maliyeti artırmaktadır.

Bu tip taşıtlarda sürücü; taşıt hareketinin elektrikle, yardımcı güç ünitesi ile veya her ikisini birlikte kullanarak sağlanmasını seçebilmektedir. Bu sisteme elektrikli hibrid taşıt adı verilmektedir. Ancak hibrid tahrikli taşıtlar; elektrikli taşıdın bazı dezavantajlarını azaltmak amacıyla elektrikli taşıta geçiş aşaması olarak düşünülmüş ve geliştirme aşamasında olup, yardımcı güç ünitesinin (içten yanmalı motor) emisyonlarının azaltılmasına çalışılmaktadır. Ayrıca bu taşıtlarda iki güç ünitesinin olması maliyeti artırmaktadır.



Şekil 3.1: Hibrid taşıtın genel yapısı



Şekil 3.2: Hibrid bir taşıt

3.2. Elektrikli Hibrid Motorların Avantaj ve Dezavantajları

Elektrikli hibrid motorların, içten yanmalı motorlara kıyasla birçok avantajı olmasına rağmen, geliştirme aşamasında oldukları için birtakım dezavantaj ve problemleri bulunmaktadır.

Elektrikli hibrid motorun avantajlarını şu şekilde sıralayabiliriz;

- Çevreyi daha az kirletir, yani egzoz emisyonun daha düşük seviyededir.
- Yakıt tüketimi yönünden daha ekonomiktir. Bir depo yakıt ile gidebileceği mesafe içten yanmalı ve elektrikli motorlu taşıtlara göre daha fazladır.
- Motor boyutlarına göre araca yerleştirilişi en uç noktalara değil; ortaya ve yanlara olduğundan araç dengesi daha iyi sağlanabilmektedir.
- Elektrik motoru ilk harekete geçiş ve hızlanma karakteristikleri yönünden, içten yanmalı motora göre daha avantajlıdır.
- Elektrik motoruyla kullanımda çok sessiz çalışma sağlanır.
- Ülke ekonomisinin dışa bağımlılığını azaltır.

Elektrikli hibrid motorun dezavantajlarını şu şekilde sıralayabiliriz:

- İçten yanmalı motora göre daha pahalıdır.
- Motordan bağımsız şarj süreleri uzun sürmektedir.
- Bu tip taşıtlar direkt olarak havayı kirletmemelerine rağmen, yeniden şarj edilebilmeleri için gerekli enerji termik santrallerden sağlandığı için, fosil yakıtlarından dolayı, santrallerden yayılan sülfüroksit ve karbondioksit miktarlarında artma olmaktadır. Kısacası dolaylı olarak hava kirliliği devam etmektedir.
- Elektrikli taşıtların en büyük dezavantajı menzillerinin kısa oluşudur. Akünün fiziksel durumu ve taşıdın çalışma koşulları menzil üzerinde etkili olmaktadır.
- Akü ömrünün kısa olması ve ağırlıklarının fazla olması nedeniyle geliştirme çalışmaları devam etmektedir.
- Elektrik motoruyla kullanımda yüksek hız ve yüksek tork elde edilememektedir.

3.3. Elektrikli Hibrid Motorların Türleri

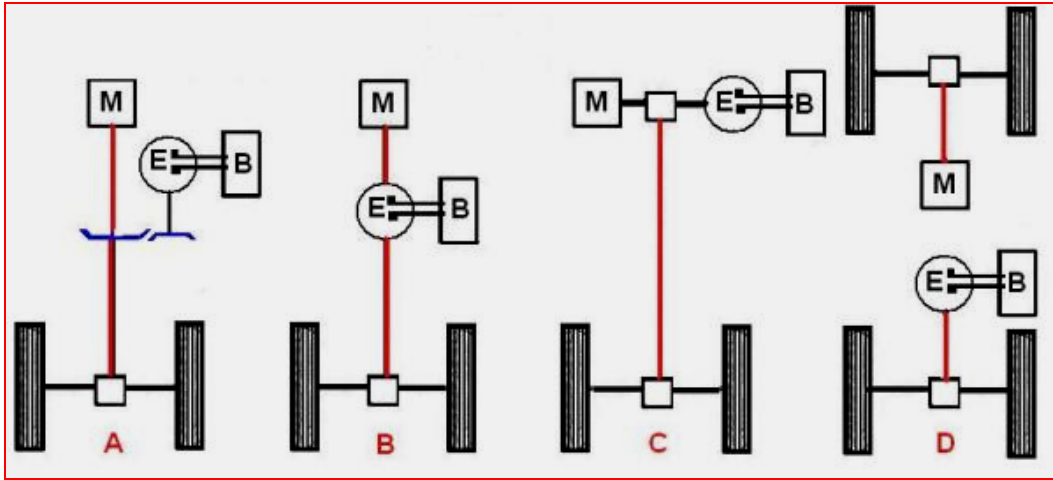
Bu sistemde tahrik için kullanılan elektrik motoru ile içten yanmalı motorun birbiri ile bağlantı şekline göre paralel hibrid tahrik sistemi ve seri hibrid tahrik sistemi olarak ikiye ayrılır.

3.3.1. Paralel Hibrid Tahrik Sistemi

Bu sistemde elektrik motoru ile içten yanmalı motor birbirine paralel olacak şekilde bağlanmıştır. Paralel sistemde taşıtı tahrik etmek için gerekli olan gücün (P_{max}) yarısı elektrik motorunda, diğer yarısı da içten yanmalı motorda üretilecek şekilde tasarlanmıştır.

Seri sistemde aynı koşullarda elektrikli ve içten yanmalı motorunda üretilecek güç, aracı tahrik etmek için gerekli olan gücün iki katı ($2P_{max}$) olması gerekir. Çünkü seri hibrid tahrik sisteminde ayrıca bir jeneratöre gerek vardır. Jeneratör, içten yanmalı motordan aldığı mekanik enerjiyi elektrik enerjisine çevirir.

Paralel motorda elektrik motoru, jeneratör görevi yaparak aküyü şarj eder. Paralel sistem, bunun yanı sıra jeneratör olmadığı için ağırlık ve maliyet yönünden de avantajlıdır. Ayrıca paralel sistemde içten yanmalı motordan alınan tahrik gücü direkt tahrik aksa iletildiğinden enerji kaybı ve yakıt tüketimi de azdır.



Şekil 3.3: Paralel hibrid sistemleri

Şekil 2.3'te içten yanmalı motor ve elektrik motorunun değişik biçiminde birleştirildiği paralel hibrid tahrik sistemleri şematik olarak görülmektedir. Şekil 3.3.A'da içten yanmalı motor ve elektrik motoru için ayrı ayrı şaft kullanılmıştır. Şekil 3.3.B'de içten yanmalı motor ve elektrik motoru tek bir şafta birleştirilmiştir. Şekil 3.3.C'de iki motor bir vites kutusu ile birleştirilmiştir. Gerekli güç iki motorun dönme hareketinin araya yerleştiren bir vites kutusu ile birleştirilmesi sayesinde elde edilir. Sistemde hız paylaşımında esneklik söz konusu olduğu için gerekli tork karakteristiği her iki güç kaynağı için de aynı olmalıdır. Şekil 3.3.D'deki içten yanmalı motor ve elektrik motorunun birbirine mekanik bağlantısı yoktur. Elektrik motoru, arka aksı; içten yanmalı motor ise ön aksı tahrik etmektedir.

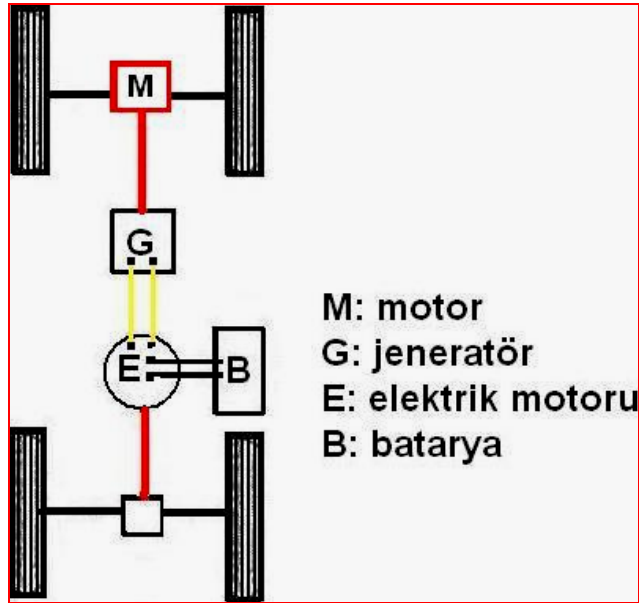
3.3.2. Seri Hibrid Tahrik Sistemleri

Seri hibrid tahrik sistemi; içten yanmalı motor, elektrik motoru ve jeneratör olmak üzere üç ana kısımdan oluşur. İçten yanmalı motor tarafından oluşturulan mekanik enerji, jeneratör tarafından elektrik enerjisine dönüştürülerek elektrik motoru çalıştırılır ve tahrik (hareket) sağlanır. Bu sistemde enerji dönüşümleri sırasında meydana gelen kayıplardan dolayı verim düşüktür. Sistemin avantajı, düşük emisyon ve yüksek verim amacına göre

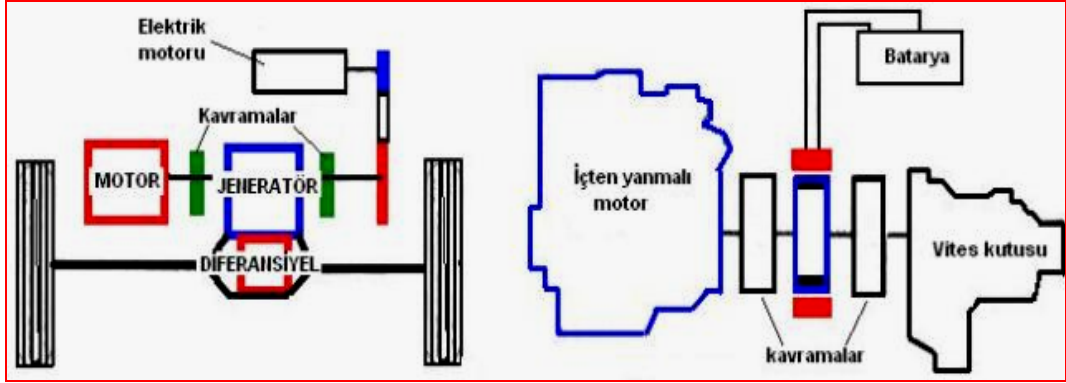
içten yanmalı motorun değişik çalışma koşullarına adapte edilebilmesidir. Fakat dizaynından dolayı sistemin toplam verimi, paralel sisteme göre daha düşüktür.

Seri sistemde tahrik aksından maksimum hız için istenilen güç (P_{max}); elektrik motorunun, içten yanmalı motorun ve jeneratörün ürettiği gücünün toplamıdır. Bu da toplam gerekli gücün $3 P_{max}$ olması demektir ve bu sebeple güçten büyük bir kayıp söz konusudur. Seri hibrid tahrik sistemi; vites kutusu, içten yanmalı motor ve jeneratörün birbirleri ile birleştirilmesiyle taşıtlarda kullanılabilir. Bu üniteler arasında uyumu sağlamak, yüksek hız jeneratörlerinin içten yanmalı motorlarla manyetik olarak birleşmeleri ile sağlanabilir. Enerji kaybının fazla oluşu ve aracın pahalı ve de ağır oluşu bu sistemi cazip hâle getirmemektedir.

Seri hibrid düzeneğine sahip olan aracın 220V'luk şehir elektrik voltajı ile şarj edilen akülerle elektrik motoru çalıştırılır. Motor ve jeneratör şehir içi için yeterlidir ve batarya boşaldığı an devreye girerek şarj edilir. Böylece aracın menzili artırılmış olur. Bu tip araçlar günlük 40 kilometreden daha az olan yolculuklar için uygun olabilmektedir. Şekil 3.4 ve şekil 3.5'te seri hibrid düzeneği ve içten yanmalı motorla birleştirme şekilleri görülmektedir.



Şekil 3.4: Seri hibrid sistemi



Şekil 3.5: Seri hibrid sisteminin yerleşimi

3.4. Elektrikli Hibrid Taşıtlarda Kullanılan Elektrik Motor Tipleri

Taşıtlarda kullanılan motorlardan yüksek randıman, uzun ömür, havaya kirletici madde yaymaması istenilmektedir. Kullanılan elektrik motorunun; stator (sabit) ve rotor (hareketli) olmak üzere iki esas parçası vardır. Bakır sargılar oluşan stator silindir biçiminde olup sargılardan akım geçirilmesiyle elektromanyetik indükleme oluşturularak rotoru harekete geçirir. Elektrik motorunda sürtünen parçalar az olduğu için çalışması sessizdir ve aşınma olmaz. Bu sistemde verim kaybı da sadece dişli çark sisteminden oluşmaktadır.

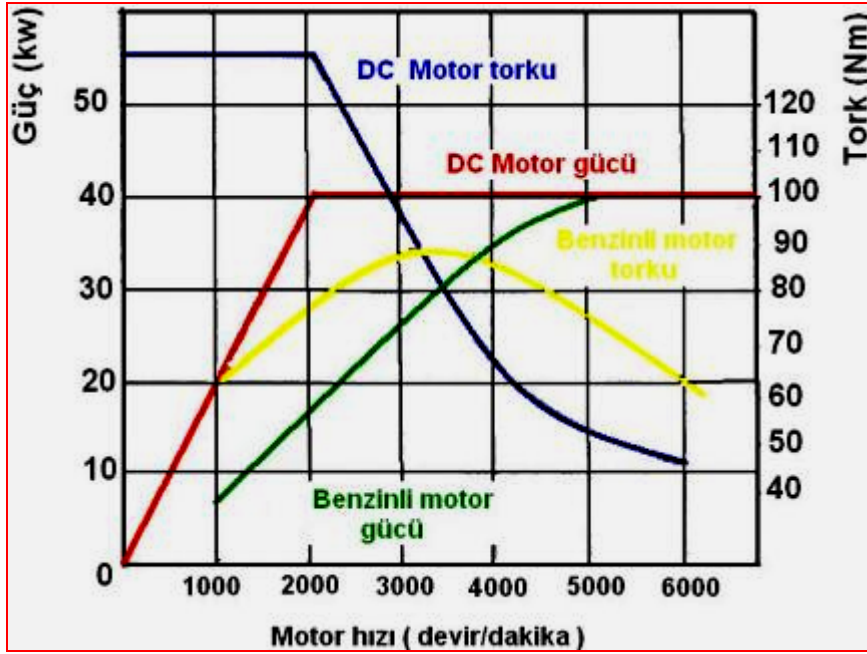
Taşıtlarda kullanılan elektrik motorları;

- Doğru akım (DC) motoru (çift fazlı)
- Alternatif akım (AC) motoru (üç fazlı) olarak iki tiptir.

Son zamanlarda geliştirilen prototiplerde DC motor yerine AC motor kullanılmaktadır. Ancak her iki tipte de avantajlar ve dezavantajlar vardır. Firmaların yaptığı açıklamalara göre AC motor daha hafif, verimi daha yüksek ve daha az bakım gerektirir. Aynı zamanda AC motorun şanzıman ve akslara daha kolay birleştirildiği açıklanmaktadır. Fakat AC motorlarda ayrı bir kontrol ünitesine gerek vardır.

DC motorda akım, iki fazlı olduğundan anahtarlar ile kontrol edilebilmektedir. Ayrıca AC motorun kontrol ünitesi DC motorun kontrol ünitesine göre oldukça pahalıdır. Bu sebeplerle bazı firmalar DC motoru tercih etmektedir.

Aşağıdaki grafikte, benzinli motorla elektrikli motorun temel karakteristikleri karşılaştırılmaktadır.



Grafik 3.1: Doğru akım (DC) elektrik motoru ve benzin motorunun tork ve güç eğrilerinin karşılaştırılması

Grafik 3.1’de görüldüğü gibi içten yanmalı motor ile elektrik motorunun tork karakteristiği birbirinden tamamen farklıdır. Bu sebepten dolayı çekiş gücü için büyük avantaj olan elektrik motorunun düşük devirdeki yüksek torkunun kullanılması imkânsızdır.

3.5. Elektrikli Hybrid Taşıtlarda Kullanılan Aküler

3.5.1. Nikel Metal Hidrit Aküsü

Ovenic Batery firmasını 1993 yılında yaptığı açıklamaya göre geliştirilen nikel metal hidrit akü (NİMH), tahmini olarak 500 defa yeniden şarj edilerek taşıta 200 bin kilometre menzil kazandırmaktadır. Proje Amerikan Elektrikli Taşıt Batarya Araştırma Kuruluşu (USABC) tarafından da desteklenmiştir.

Akünün performansı, negatif elektrodun geliştirilmesiyle elde edilmiştir. Negatif elektrot hidrojeni kolaylıkla absorbsiyon eden metal hidrit alaşımıdır. Pozitif elektrot nikel hidroksittir. Elektrolit ise elektronların hareketini kolaylaştıran potasyum hidroksittir.

Akü şarj edilirken suyla zengin olan elektrolit içerisinde su, hidrojen ve hidroksil iyonlarına ayrılır. Hidrojenin negatif elektrot tarafından absorbsiyonu ile bu elektrot metal halden metal hidrit hale geçer. Aynı zamanda hidroksil iyonları, nikel hidroksit olan pozitif elektroda doğru hareket ederek onu nikel oksihidroksit’e dönüştürür.

Akülerin boşalması sırasında; hidrojen negatif iyondan, hidroksil iyonları da pozitif elektrottan ayrılır. Hidrojen ve hidroksil iyonları elektrolit içerisinde birleşerek su oluştururken açığa bir elektron çıkar. Bu elektronla taşıdın tahriki için gerekli elektrik enerjisi elde edilmiş olur. ABD’de ödül alan bu akünün özgül enerjisi 150 Wh/kg’dır. Taşıdın menzili ise 368-400 km arasındadır.

3.5.2. Kurşun-Asit Aküsü

Elektrikli taşıtlar için en çok geliştirilmeye çalışılan akü tipidir. Bu aküde negatif elektrot kurşun, pozitif elektrot kurşun oksit ve kullanılan elektrolit de sülfürik asittir. Akünün %80'i kullanıldıktan sonra şarj edilmesi gerekir. 300 kez şarj edilebilen akünün şarj süresi 6-8 saattir. Akülerin fazla bakım gerektirmemesi ve kullanım sırasında gaz çıkarmaması da avantaj sayılır. Günümüzde Fransa'da 1000 kadar taşıtta kurşun-asit aküsü kullanılmaktadır. Tek şarjda 160 km'ye kadar menzil sağlayan akülerin toplam menzili 50.000 km'ye kadar çıkmakta olup fiyatları da diğerlerine göre uygundur.

3.5.3. Lityum Polimer Aküsü

Geliştirilmekte olan ve dikkat çekici avantajlara sahip olan lityum polimer aküsünde sıvı elektrolit yerine, katı esnek polimer elektrolitler kullanılmaktadır. Böylece sıvı elektrolitli akülerde görülen korozyon etkileri açığa çıkan gazların havalandırılması ve akü kabının sağlamlığını gerektiren dezavantajlar da ortadan kaldırılmaktadır. ABD'de birçok firma tarafından geliştirme çalışmaları süren bu akülerin çalışmaları (USABC) tarafından desteklenmektedir.

3.5.4. Alüminyum Hava Aküsü

Alupower Kanada ve Unique Mobility şirketleri tarafından geliştirilen akü; alüminyum ve havadaki oksijenin kimyasal bir reaksiyona girmesi sonucunda elektrik üretir. Elektrik alüminyumun okside olması ile elde edilir. Alüminyum anot, hava ise katot görevi yapar. Reaksiyon için elektrolit de kullanılır. Reaksiyon için gerekli oksijen, akü çevresinde meydana getirilen hava akımı tarafından sağlanır. Alüminyum plakalar tükendiğinde yenisi takılarak yeniden elektrolit doldurulur.

Sistem ömrü yaklaşık 10 yıl olup, 350 Wh/kg gibi yüksek enerji yoğunluğuna sahip olmasına rağmen güç yoğunluğu düşüktür. Bu yüzden alüminyum hava aküsü, kurşun asit aküsü gibi başka bir güç kaynağı ile birlikte kullanılmaktadır.

Alupower firması 48 adet alüminyum hava aküsünü, 18 adet 6 voltluk kurşun asit aküsü ile birleştirerek 60 kW'lık DC motoru tahrik eden bir enerji sistemi oluşturdu. Chrysler marka mini van'a uygulanan sistem ile taşıtın menzili 80 km'den 305 km'ye çıkarmıştır. Taşıtın hızı 100km/h'dir. Sistem kısa mesafelerde kurşun asit aküsü ile uzun mesafede alüminyum hava akülerini devreye sokarak tahrik edilmektedir.

3.5.5. Lityum Hava Aküsü

Enerji yoğunluğu benzine göre 3 kat fazla olan bu akülerin şehir içi menzili 640 km, şehirlerarasında ise 1600 km'dir. Bu tip akülerin yapısı çok karmaşık olup, yeniden şarj edilemezler. Lityumun hava ile reaksiyona girerek lityum karbonat oluşturması ile elektrik elde edilir. Bu akünün yeniden kullanılabilir hâle gelmesi, lityum karbonatın alınarak yerine yeniden lityum konulması ile olmaktadır. Lityum karbonat birtakım elektriksel işlemlerle lityuma dönüştürülebilir.

3.5.6. Çinko Aküsü

Bu aküler sayesinde kurşun asit aküsü kullanılan taşıtların menzilleri iki katına kadar çıkarılabilmektedir. Exxen firması hâlen geliştirme çalışmalarını sürdürmektedir.

3.5.7. Nikel Kadmiyum Aküsü

Nikel kadmiyum (NiCd) aküleri, kurşun asit akülerine göre %40 daha fazla enerji yoğunluğuna sahiptir. Ancak kadmiyumun zehirli oluşu yeniden kullanımda güçlük oluşturmaktadır. Şarj süreleri çok kısa olup, taşıda 160-230 km menzil kazandırmaktadır.

3.5.8. Sodyum Sülfür Aküsü

General Motor tarafından 60'lı yıllarda geliştirilmeye başlanan sodyum sülfür aküsünün geliştirilmesini 70'li yıllarda Ford Motor üstlendi. Kurşun asit akülerine göre 4 kat daha fazla enerji depolayabildiklerinden kullanımları yaygınlaşmıştır.

Bu aküde sodyum, erimiş hâlde seramik elektrolit kaplar içerisinde bulunur. Sülfür bloklar seramik kaplar etrafına yerleştirilir ve bütün sistem alüminyum kutu içerisine yerleştirilerek kapatılır ve ısı yalıtımı yapılır. Erimiş hâldeki sülfür, pozitif elektrot; sodyum, negatif elektrot görevi yapmaktadır. Erimiş sodyumu konulduğu seramik beta alüminyum oksit kaplar, katı bir elektrolit görevi yaparak sodyum ve sülfürün birbirinden ayrı olmasını sağlar. Günümüzdeki piller gibi dizayn edilen bu aküler, çok miktarda seri ve paralel bağlanarak taşıdı tahrik için gerekli enerji elde edilir. Akünün kullanımı sırasında sodyum iyonları, sülfüre doğru hareket ederek sodyum sülfat oluşturur. Bu esnada açığa çıkan elektronlar sayesinde elektrik üretilir. Çalışma sıcaklığı 350-380°C'dir. Böylece iyonlar elektrolitten geçerken herhangi bir dirençle karşılaşmaz ve sodyum sülfatın erimiş halde bulunmasını sağlar. Çalışma sıcaklığının elde edilmesi için akü ısıtıcısına ihtiyaç vardır. Şarj süresi 4-5 saat olup, ömürleri kurşun asit aküsünden daha fazladır. Kolay bakım yapılabilmesi ve sıcaklığın tehlike oluşturmaması için yalıtmanın iyi yapılması gerekir. Sodyum sülfür aküsünün ömrü 160.000 km olup taşıda sağladığı menzil 280 km'dir. Ancak akünün yapımında kullanılan maddeler sağlığa zararlıdır.

Yukarıda belirtilen sayısal değerler firmalara, kullanılan malzeme kalitesi ve batarya kapasitelerine göre değişiklik göstermektedir.

3.6. Elektrikli Hibrid Araçların Değerlendirmesi

Aşağıdaki parametreler, bir elektrikli hibrid taşıdın kat edeceği mesafe ve sağlayacağı avantajlar bakımından önemlidir.

Akünün fiziksel durumu belirleyen parametreler:

- Akü sıcaklığı
- Akünün şarj durumu
- Akü özgül yoğunluğu, toplam akü ağırlığına oranı, yani güç yoğunluğudur.

Taşıt çalışma koşullarını belirleyen parametreler ise;

- Taşıt toplam ağırlığı
- Taşıt toplam hızı

- Taşıdın kaç kere durup-kalktığı
- Taşıt rüzgâr direnç kat sayısına bağlı olarak incelenmesi
- Yol durumu ve yol yapısının değişkenliğidir.

Elektrikli taşıt kullanımını gerekli kılan en büyük nedenlerden biri daha önce de belirtildiği gibi taşıtların çevre dostu niteliğidir. Elektrikli taşıt ve çevre ilişkisini ortaya koymak amacı ile bu konuda önder ülke konumundaki ABD’deki son verileri değerlendirilirse;

Kaliforniya hava kaynakları heyeti tarafından hava kirliliğini azaltan taşıtlar dört sınıfa ayrılırlar;

- Düşük emisyonla geçiş taşıtları (Transitional low –emission vehicle, TLEV)
- Düşük emisyon oluşturan taşıtlar (Low emission vehicle, LEV)
- Çok düşük emisyon oluşturan taşıtlar (Ultra low – emission vehicle, ULEV)
- Sıfır emisyonlu taşıtlar (Zero emission vehicle, ZEV)

Tablo 3.1’de normal dizel taşıtla hibrid dizel taşıdın egzoz emisyon değerleri görülmektedir.

Tablo 3.1: Dizel taşıtla hibrid taşıt emisyon değerleri

Dışarı Atılan Gazlar	NO _x	CO	HC
Standart Dizel Taşıt	0,9 g/km	0,9g/km	0,18 g/km
Hibrid Dizel Taşıt	0,22g/km	0,4g/km	0,1 g/km

3.6.1. Hibrid Taşıtların Performansı

Benzinli motorun ve jeneratör motorunun toplam gücü 50 KW (72 HP) kadardır. Özellikle düşük ve orta hızlarda taşıdın hareket torkunun çoğunu tahrik motoru sağlar ve içten yanmalı motor bir enerji kaynağı olarak çalışır. Bu tip bir taşıdın maksimum hızı 120 km/h kadardır. Tablo 3.2’de benzinli, elektrikli ve hibrid motorlu taşıtların ivmelenme yakıt tüketimleri ve diğer özelliklerinin karşılaştırılmaları görülmektedir. Burada hibrid taşıdın 0’dan 100 km/h’ye ve 400 m’yi kaç saniyede aldığı belirtilmektedir.

Tablo 3.2: Farklı motorlara sahip taşıtların teknik özellikleri

Özellikler	Elektrik Motoru	İçten Yanmalı Benzinli Motor	Hibrid Motor
Yük (kg.)	136	363	240

Motor gücü (HP)	30	70	72
Bir dolum mesafesi	79,2	450,5	150,1
0–100 km/h	21,3	19,5	17,2
0–400 m Hızlanma	36,3	35,3	20,4
Yakıt maliyeti	0,68	0,68	0,68
Taşıt maliyeti	5,18	3,50	5,52

3.6.2. Hibrid Taşıtların Verimi ve Yakıt Tüketimi

Günümüzde araçlarının çoğunun maksimum gücü 100 kW'tır. Fakat anayol ve şehir içi trafiğinde kullanılan ortalama güç gerçekte sadece 7,5 kW dolaylarındadır. Bu hafif yükte motor verimliliği %20 gibi düşük bir değerdedir.

HEV (Hybrid Electrical Vehicle) taşıtında maksimum verimlilikte çalışan çok küçük bir motor bu küçük güç seviyesini üretir. Tekrar üretimli frenleme bu gibi durumlarda değişen yol, yük ve güç gibi ihtiyaçların karşılanması için taşıtın frenleme enerjisinin bir kısmını bataryaları yeniden şarj etmek için kullanılır.

Alternatif motorlar klasik buji ile ateşlemeli motorlardan, hibrid güç freni verimlilik kazancını artırdığı için daha fazla verime sahiptir. Günümüzde hibrid motorlu araçların yakıt ekonomisi iki veya üç katına çıkarılarak taşıt yakıt ekonomisi önemli ölçüde artırılmıştır. Hibrid taşıtlar çok düşük petrol tüketim seviyelerine sahiptir. M 85'te (%85 metanol ve %15 benzin) çalışan hibrid taşıtlar klasik otomobillere göre %90 daha az bir petrol tüketimine sahiptir.

Düşük petrol tüketim seviyeleri doğal gaz, etanol, hidrojen gibi alternatif yakıtlı taşıtlarda da benzer şekildedir. Günümüzde üretilen hibrid motorlu araçların testlerinde 100 km'de 3 lt benzin tüketimine kadar düşülmüştür. Sürücü, alternatif yakıt kullanmadığı zaman benzini yedek yakıt olarak kullanabilir. Ancak maksimum yakıt ekonomisi, hibrid taşıtların ağırlığının azalması ile sağlanır ve bu sayede hibrid taşıtların egzoz emisyonları da azaltılacaktır.

3.7. Örnek Bir Hibrid Taşıtın İncelenmesi

Gelişmiş bir elektrik motoru ile birleşik yüksek verimli benzinli motoru Toyota Priusu hareket ettirecek gücü vermektedir. Sürüş şartlarına dayalı olarak biri ya da her ikisi yakıt verimini maksimuma ulaştırmak ve emisyonları minimuma düşürmek için kullanılır. Toyota hibrid sisteminde bataryaların şarj durumu düştüğünde tekrar şarj etmek için motoru jeneratör olarak kullandığından ve aracın yokuş aşağı inerken oluşan enerjiyi de elektriğe döndürdüğünden bu taşıdın asla elektrikli taşıtlar gibi fişe takılmaya ihtiyacı yoktur. Sürücü aşağı doğru yavaşlarken ve frene basarken oluşan fazla enerjiyi rejeneratif (tam etkili tekrar devreye giren) fren sistemi algılar ve bu kazanılan enerji daha sonra bataryaları yeniden şarj etmek için kullanılır.



Şekil 3.6: Toyota hibrid taşıtı

Toyota hibrid sistemin parçalarını sıralarsak:

- Nikel metal (Ni-Mh) hibrid batarya
- Benzinli veya dizel motor
- Elektrik motoru
- ACS (Avans kontrol Sistemi)
- Jeneratör
- ECVT transmisyon

3.7.1. Nikel Metal Hidrid (Ni-Mh) Batarya

Komple hafif ağırlıklı batarya kutusuna sahip olan Toyota Prius; 38 contalı nikel–metal hibrid modüllerden meydana gelmiştir. Harici bir güç kaynağı olmaksızın 10 binlerce kez şarj edilebilmek için tasarlanmıştır.

Güvenlik açısından bakıldığında bir karbon kompozit muhafaza içinde tamamen sızdırmazlık sağlanmış ve otomobilin koruyucu tek kütlesi içinde arka koltuğun arkasına yerleştirilmiştir. Aynı zamanda üretimleri basit ve yanıcı-yakıcı olmadığından günümüzde çok kullanılan kurşun asit bileşimli bataryalar için güvenilir bir alternatif de teşkil etmektedir.



Şekil 3.7: Nikel metal hidrid (Ni-Mh) batarya

3.7.2. Elektrik Motoru

Bir içten yanmalı motorla karşılaştırıldığında daha iyi enerji dönüşümü ve daha düşük emisyon ile daha büyük bir tahrik aralığını sağlamaktadır. Bu motor; 1040'dan 5000 d/d 'ya kadar bir aralıkta maksimum 40 beygir güç ve 0 ila 400 d/d aralığında ise maksimum 305 Nm (≈ 225 lb-ft) tork üretmektedir. Bu değer 4400 d/d'da benzinli Toyota Camry V6'nın ürettiği maksimum tork değerinden 21 N1 (≈ 16 lb-ft) daha fazladır.



Şekil 3.8: İçten yanmalı motor ile birleştirilmiş elektrik motoru

3.7.3. E-CVT Transmisyon

Toyota hibrid sisteme sahip olan Prius'da vites sistemi olarak değişken oranlı E-CVT transmisyon kullanılır. Bu sistem CVT (sürekli değişken transmisyon) transmisyonlar gibi çalışmaktadır. Bu transmisyonun özelliği; sürekli değişken hız yeteneğine sahip olması ve en yüksek ile en düşük vites arasında oranları sabit olmayan sürekli ve sonsuz sayıda olasılıkta aktarma sağlamasıdır. Değişken oranlı transmisyon kullanan motorların performans haritaları incelendiğinde, normal transmisyon sistemlerine oranla düşük motor devrinde daha yüksek tork elde edildiği görülür. Bu transmisyonun verimli kullanılabilmesi için mikro işlemcili yani elektronik kontrol ünitesi (ECU) kullanılmaktadır.

Benzinli motorun, elektrik motorunun ve jeneratörün kullanım safhaları:

3.7.3.1 Düşük Hız Kullanımı

İlk hızlanma sırasında elektrik motoru temel güç kaynağıdır. Benzinli motor, bataryayı dolduran jeneratörü çalıştırır ya da yüksek ivmelenme koşulu altında çalışır.

3.7.3.2 Şehir İçi Kullanımı

İşletimin beyni; ileri kontrol sistemi (ACS) ile temsil edilir ve şehir içi sürüş şartlarında seyrederken yakıt tüketimini minimize etmek için özel olarak programlanmıştır. Hem benzinli motoru hem de elektrik motoru eşit olarak kullanılır.

3.7.3.3 Otoyol Kullanımı

Yüksek hızlardaki otoyol sürüşünde ve yüksek hızlar için benzinli motor başlıca güç kaynağı olarak kullanılır. Elektrik motoru ise; taşıt hızının değiştirilmesine yardımcı olmaktadır.

3.7.3.4 Yokuş Yukarı Çıkma

Taşıt, yüksek yerlere tırmanırken elektrik motoru hem batarya enerjisinden hem de jeneratörden aldığı gücü kullanır. Benzinli motor jeneratör ile tekerlekler arasındaki güç iletimini keser.

3.7.3.5 Yokuş Aşağı İnme, Yavaşlama, Durma

Yokuş aşağı inme ya da frenleme sırasında elektrik motoru bataryayı doldurmak için bir jeneratör gibi görev yapar. Taşıt durdurulduğunda benzin motoru da otomatik olarak durur ve elektrik motoru otomobile güç vermek üzere hazır olarak bekletilir. Bu durumda yakıt korunur ve rölanti devri nedeniyle oluşan egzoz emisyonlarını da ortadan kaldırır.

UYGULAMA FAALİYETİ

İşlem Basamakları	Öneriler
➤ Hibrid motorlu taşıdın özelliklerini dikkatlice inceleyiniz.	➤ Modül kitapçığında ve internet sitelerinden konuyla ilgili araştırma yapınız.
➤ Hibrid taşıdın egzoz emisyon değerlerini inceleyiniz.	➤ Modülde bulunan karşılaştırmaları dikkatlice inceleyiniz.
➤ Hibrid taşıtların tamir ve bakım yöntemlerini araştırınız.	➤ Farklı kaynaklardan ve internet sitelerinden araştırmalar yapınız.
➤ Hibrid motorlu taşıdı diğer alternatif motorlu taşıtlarla karşılaştırınız.	➤ Taşıtlarda kullanılmakta olan farklı alternatif yakıtları karşılaştırarak arkadaşlarınızla tartışınız.
➤ Elektrikli hibrid taşıtların geliştirilmesi için yapılması gerekenleri sınıfta tartışınız.	➤ Elektrikli hibrid taşıtların avantaj ve dezavantajlarını modülden dikkatlice okuyunuz.

ÖLÇME DEĞERLENDİRME

A. OBJEKTİF TESTLER

Aşağıdaki test sorularında doğru olan seçeneği işaretleyerek cevap anahtarı ile karşılaştırıp yanlış cevaplandırıdığınız kısımları yeniden okuyunuz.

1. Aşağıdakilerin hangisi hibrid motorlarda kullanılan bağlantı şekli **değildir**?
A)Seri
B)Paralel
C)Karışık
D)Hiçbiri
2. Hibrid taşıtlarda CO emisyonunun ortalama değeri kaç g /km dir?
A)0,4 g /km
B)0,6 g /km
C)0,8 g /km
D)0,9 g /km
3. Lityum hava aküsünün şehir içi menzili kaç km' dir?
A)520 km
B)350 km
C)640 km
D)480 km
4. Seri hibrid sisteminde kaç kat güç ihtiyacı vardır?
A)1
B)2
C)3
D)4
5. Aşağıdakilerden hangisi hibrid taşıtlar için yanlış bir ifadedir?
A)Motordan bağımsız şarj süreleri uzun sürmektedir.
B)İçten yanmalı motora göre daha pahalıdır.
C)Menzilleri kısadır.
D)Emisyon oranları fazladır.

B. DOĞRU YANLIŞ SORULARI

- Aşağıdaki ifadelerden doğru olanlara (D), yanlış olanlara (Y) harfi koyunuz.

6. () Hibrid taşıtlar Euro 4 taşıt çevre koruma normuna uyumludur.
7. () Yakıt hücreli taşıtta emisyon değeri hibrid taşıttan daha fazladır.
8. () Sistemde elektrik motoru ve içten yanmalı motor birlikte çalışır.
9. () Hibrid taşıtlar içten yanmalı motorlara göre daha avantajlıdır.
10. () Lityum hava aküsünün enerji yoğunluğu benzine göre 3 kat fazladır.

DEĞERLENDİRME

Öğrenme faaliyeti ile ilgili soruları kendinize uygulayınız. Verdiğiniz cevapları arasında yanlış cevap var ise tekrar ilgili konuya dönerek konuyu tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız doğru ise bir sonraki öğretim faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-4

AMAÇ

Alternatif taşıt motorlarından olan yakıt hücreli motorlar hakkında bilgi sahibi olacaksınız.

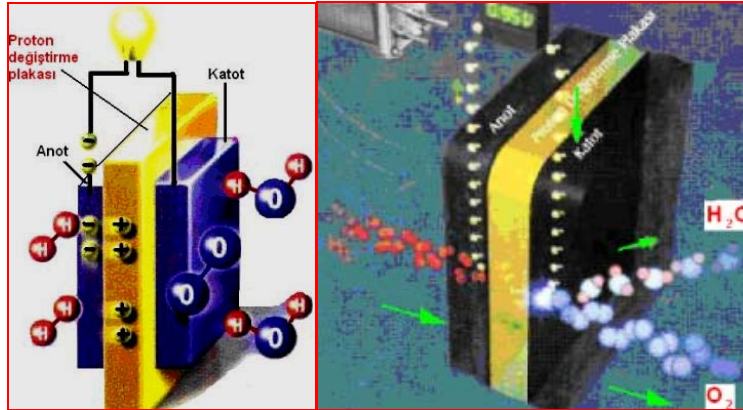
ARAŞTIRMA

- İnternet sitelerinden ve farklı kaynaklardan alternatif taşıt motorları hakkında araştırma yapınız. Yaptığınız araştırmayı rapor hâline getirerek sınıfta arkadaşlarınız ile paylaşınız.

4. YAKIT HÜCRELİ MOTORLAR

Yakıt pili olarak da adlandırılan bu sistemler ilk olarak 1839 yılında William Grove tarafından bulunmuş ve yaklaşık olarak 120 yıl ilgi görmeden kalmıştır. Ancak uzay programları çerçevesinde tekrar ele alınmış ve geliştirilmiştir.

Yakıt pilleri; elektrikli ve hibrid taşıtlarda tahrik için kullanılan elektrokimyasal akülerdir. Taşıtta tek başına da kullanılmakta olan yakıt hücreleri enerjiyi kimyasal olarak depo eder. Akülere benzer olarak üretilen yakıt hücrelerinde; anot, katot ve elektrolit bulunmaktadır.



Şekil 4.1: Yakıt hücresi şematik resmi

Yakıt hücrelerinde zaman geçtikçe kullanım performansında bir azalma meydana gelmez ve yeniden şarj gerektirmezler. Yakıt ve bunu oksitleyici tedarik edildiği sürece elektrik üretmeye devam eder. Elektrik üretimi anot ve katot yardımı ile hidrojen ve oksijenin reaksiyonu ile sağlanır. Reaksiyon sonunda su ve ısı enerjisi açığa çıkar. Gerekli oksijen havadan sağlanırken, hidrojen ise kullanılan yakıttan sağlanır. Dünya çapında; Japonya, ABD, Almanya, İtalya, Belçika, Kanada ve Hollanda'da yakıt hücreleri deneme amaçlı kullanılmakta ve geliştirme çalışmaları devam etmektedir. Şekil 4.1'de yakıt hücresinin şematik resmi görülmektedir.

4.1 Yakıt Hücreli Motorların Çalışma Prensibi

Yakıt pillerinde elektrik, hidrojen sayesinde elde edilir. Yakıt pilleri sistem itibarı ile bir akü bataryasına, çalışması prensibi ile de içten yanmalı motorlara benzemektedir. Akü gibi kutuplarından elektrik enerjisi alınmasına rağmen, bu enerjiyi akü gibi depolanmış olan enerjiden değil, ürettiği enerjiden verir. Enerjiyi hidrojen sağlandığı sürece verir. Bu durum içten yanmalı motora yakıt verilip, üzerinde birleşik olan jeneratörden elektrik elde edilmesine benzemektedir. Bu sisteme benzin verdiğiniz sürece elektrik elde edersiniz ayrıca ortaya çıkan egzoz gazı, motor gürültüsü ve aşınan parçalarda önemli bir dezavantajdır. Yakıt pilinde ise hidrojen verildikçe elektrik alınır. Atık olarak sadece saf su ve ısı geriye kalır. Ayrıca motor gürültüsü, hareketli parçalar ve egzoz gazı gibi dezavantajlar olmaz. Tamamen sessiz çalışan sistem, kimyasal reaksiyonlardan ibarettir.

Yakıt pillerinde verim, içten yanmalı motorlara nazaran iki kat daha yüksektir. Yakıt pilinin plaka yüzeyi akım şiddetini, plakaların seri bağlanması ise voltajı etkiler. Birçok plakanın yan yana bağlanması ile elde edilen sisteme stak (yığın) adı verilir. Staklar kendi aralarında seri ve paralel bağlanmaları ile istenilen voltaj doğru akım olarak elde edilir. Konvertörler (dönüştürücü) ile alternatif akıma çevrilir. Bir yakıt hücresi (yakıt pili):

- Yakıt işleme ünitesi
- Güç üretim sistemi
- Güç dönüştürücü olmak üzere üç ana bölümden oluşmaktadır.

4.1.1 Yakıt İşleme Ünitesi

Yakıt beslemesinin olduğu ve dolaylı beslemede ön işlemin gerçekleştirildiği ünedir.

4.1.2 Güç Üretim Sistemi

Bir yakıt pili, anot (negatif, hidrojen elektrot), katot (pozitif, oksijen elektrot) ve elektrolit çözeltisinden oluşur. Hava, katot yüzeyi üzerinden geçerken hidrojen veya hidrojen zengin gaz da anot yüzeyinden geçer. Elektronlar katoda doğru bir dış devre yoluyla taşınırlarken, hidrojen iyonları da elektrolit yoluyla oksijen elektroda göç ederler. Katotta oksijen ve hidrojen iyonları ile elektronların reaksiyona girmesiyle su elde edilir. Elektronların dış devre yoluyla akışı elektrik üretir. Yakıt kullanımındaki yüksek verim nedeniyle bu elektrokimyasal işlemde çıkan yan ürün sadece su ve ısıdır.

Yakıt pili sistemi bir yanma reaksiyonu vermediği için çok daha fazla elektrik üretmektedir. Bu sistemi pilden ayıran en büyük özellik, güç üretimi için şarja gereksinim olmaması ve yakıt sağlandıkça güç üretiminin devam edecek olmasıdır. Tüm yakıt pillerinde su, pil çalışma sıcaklığına göre sıvı veya buhar şeklinde ürün olarak açığa çıkar. Oksitleyici olarak oksijen kullanılıyorsa su; hava kullanılıyorsa azot ve su; bileşimde karbon bulunan yakıt kullanılması durumunda ise karbondioksit oluşur. Su, pili terk eder ve böylece pil kendini soğutmuş olur. Ancak çok yüksek sıcaklıkta çalışan pillerde soğutma donanımı kullanılması gerekir.

Yakıt pili temel bileşenlerinin seçiminde kısıtlamalara neden olan en önemli nokta, seçilen malzemenin sisteme uyumluluğudur. Seçilmiş malzeme çok uzun süre istikrarlı

kalacak şekilde olmalıdır. Performans belirleyici polarizasyon grafikleri yardımıyla yakıt pillerindeki enerji kaybının malzeme seçimiyle ilişkisi belirlenir. Yapılan çalışmalar sonucunda pratikte bir yakıt pilinin polarizasyonlardan kaynaklanan enerji kayıpları 0.5–0.9 V kadar olduğu belirlenmiştir. Performans, pilin sıcaklığı ve maddelerin kısmi basınçlarının artırılmasıyla gerçekleştirilir.

Yakıt pillerinde:

- Fosforik asitli
- Ergimiş karbonatlı
- Katı oksitli
- Proton geçiren zarlı (PEM) elektrolitler kullanılabilir.

Elektrolitler pil çalışma sıcaklığı, basıncı, reaktantların cinsi ve safsızlıkların niteliğine göre seçilir. Yakıt pillerinde gözenekli, gözeneksiz ve hidrofob elektrotlar kullanılabilir. Katalizörlerle aktifleştirilmiş karbon yapıları elektrotlar, ekonomik olup az yer kaplarlar. Tek bir hücre gerilimi 1 volttan daha az olduğundan gerekli elektrik enerjisini üretmek için birden fazla yakıt pilini seri veya paralel bağlayarak kullanmak gereklidir. Bütün bir yakıt pili güç üretim sistemi, yakıt kaynağı, hava kaynağı, soğutma ünitesi ve kontrol ünitesi içeren bir otomobil motoruna benzetilebilir.

4.1.3 Güç Dönüştürücü

Hücrede üretilen doğru akımı ticari kullanım için alternatif akıma çeviren ünedir.

4.2 Yakıt Hücresi (Yakıt Pili) Çeşitleri

Yakıt pilleri; yakıt ve oksitleyicinin bileşimine, yakıtın dolaylı veya doğrudan beslenmesine, kullanılan elektrot ve elektrolit cinsine, operasyon sıcaklığına bağlı olarak farklı şekillerde oluşturulabilir. Yakıt hücreleri isimlerini genelde kullandıkları elektrolitten alır. Günümüzde yaygın olarak kullanılan yakıt pilleri;

- Fosforik asit yakıt pili (PAFC),
- Katı polimer (solid polymer) yakıt pili (SOFC),
- Alkali yakıt pili (AFC),
- Proton değişim membranlı yakıt pili (PEM),
- Doğrudan metanol kullanılan yakıt pili (DMFC) dir.

4.2.1. Fosforik Yakıt Hücresi (PAFC)

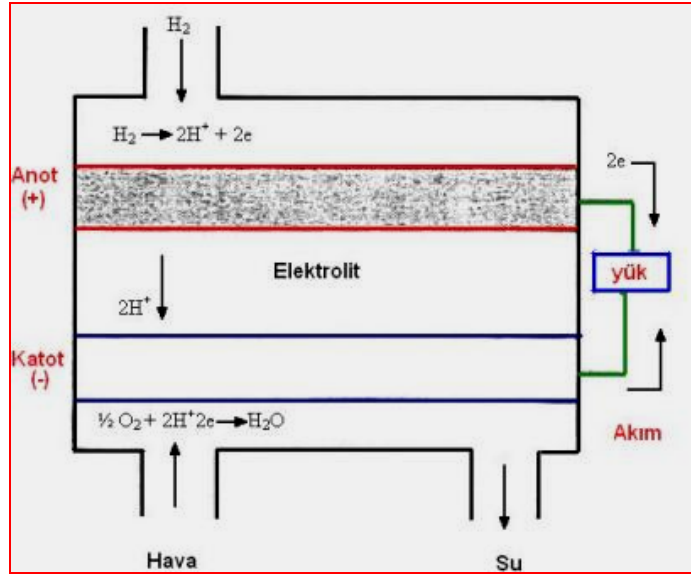
Yakıt hücreleri içerisinde kullanıma en elverişli olanıdır. Geliştirme çalışmaları 30 yılı aşkın bir süredir devam etmektedir. Günümüzde güç santrali uygulamalarında kullanımı hedeflenmektedir. ONSI Corporation PC25 Şirketi 200 kW'lık üniteleri ticaretleştirmeyi hedeflemektedir. Şirket, bu sistem ile eş zamanlı elektrik ve ısı temini ile absorpsiyonlu piller tarafından soğutma sağlayabilmektedir. Tokyo Electric Power tarafından 11 MW'lık bir sistem geliştirilmiş olup, fizibilite ve ucuzlatma çalışmaları devam etmektedir. 200 MW'lık hedefe günümüzde hâlâ ulaşamamıştır.

Fosforik asit yakıt hücrelerinde anot ve katotta meydana gelen reaksiyonlar şu şekildedir:

Anot	$H_2 \rightarrow 2H^+ + 2e$
Katot	$\frac{1}{2} O_2 + 2H^+ + 2e \rightarrow H_2O$
TOPLAM	$H_2 + \frac{1}{2} O_2 \rightarrow H_2O$

Şekil 4.2’de görüldüğü gibi anot ve katot yardımı ile hidrojen ve oksijenin reaksiyona girmesi sonucu elektrik enerjisi üretilir. Hidrojen gazı bünyesindeki iki elektron serbest kalır ve (+) yüklü hidrojen iyonları oksijenle birleşerek su oluşur. Reaksiyon ısısı oldukça yüksektir. Ancak yüksek sıcaklıkta sistem hücre ısınısını daha iyi dışarı atar ve verim daha iyidir.

Yakıt hücresinin soğutulması sıvı ve hava soğutmalı olarak iki ayrı tipte olur. Sıvı soğutmalı yakıt hücreleri daha yüksek güç yoğunluklarında kullanılabilir ve açığa çıkan ısı enerjisi yakıtı buharlaştırmada daha verimli kullanılabilir. Yakıt pillerinde gerçekleşen reaksiyonlar temel olarak şekil 4.2 ile aynıdır.



Şekil 4.2: Fosforik asit yakıt hücresi kimyasal reaksiyonları

4.3.2. Katı Polimer Yakıt Hücresi (SOFC)

General Motor ve Allied Signal firmaları tarafından geliştirilmekte olan bu yakıt hücresinde, anot için gerekli hidrojen metan gazından sağlanmaktadır. Elektrolit olarak katı polimer kullanılabilir. Reaksiyon sonucunda su ve CO (karbonmonoksit) gazı oluşmaktadır. Ancak CO zehirli bir gazdır. Her iki elektrotta da pahalı bir element olan platin kullanılmaktadır. Bu tip yakıt pillerinde karşılaşılan en büyük sorun, saf hidrojen dışında kullanılan yakıtlar ile birlikte oluşan kükürt kirliliğidir.

Yakıt hücresinin 0,25 Mpa basınçta ve 600- 800 °C’de çalışan katı oksit yakıt pilinde yığın ısı eşanjörü ve bir hava pompasına ihtiyaç vardır. En ince kalınlıkta elektrolit tabakalarının kullanılması gerekmektedir. İtrium–zirkonyum veya seryum–gadolinium oksit karışımları ile yapılan çalışmalarda olumlu sonuçlar vermektedir. Bu sistemlerde ulaşılan verim % 46 mertebesinde. Küçük ve büyük ölçekte enerji üretimi için geliştirilen katı oksit yakıt pili ile ilgili BMW hidrojen–benzin yakıtı ile beslenen aracı prototip olarak üretmiş olup, araç geliştirme çalışmaları devam etmektedir. Ayrıca Allison gas Turbine şirketi önderliğinde kurulan şirketler birliği 80 kw’lık katı polimer yakıt hücresini bir otobüste kullanılmıştır.

4.3.3. Alkali Yakıt Pili (AFC)

Bu tip yakıt pilleri, ilk olarak uzay gemilerinde kullanılmıştır. ZETEC isimli bir firma tarafından geliştirilmeye ve taşıtlara uyarlanmaya çalışılmaktadır. Ancak bu yakıt hücrelerinin üretim ve kullanımlarında birtakım güçlükler bulunmaktadır. Bu güçlükler:

- KOH elektrolit sirkülasyonu ve CO₂ absorpsiyonu nedeniyle mobil uygulamalarda pratik değildir.
- Anot olarak nikel ve katot olarak gümüş kullanılmakta olup, bu katalizörler ile güç üretimi düşüktür.

4.3.4. Proton Değişim Membranlı Yakıt Pili (PEM)

1950’li yıllarda General Elektrik tarafından bulunan PEM teknolojisi, o yıllarda ilk defa NASA tarafından Gemini uzay aracında güç ünitesi olarak kullanılmıştır. Günümüzde PEM yakıt pilleri, otomotiv sektöründe içten yanmalı motorlara alternatif olarak geliştirilmekte ve kullanılmaktadır. Polimer elektrolit membranlı, katı polimer elektrolit ve polimer elektrolit yakıt pilleri olarak da adlandırılan PEM yakıt pillerinde elektrotlar karbon yapıları olup, kullanılan elektrolit ise ince bir polimer membrandır. Bu membran, poli-asit (perflorosulfonik) veya Nafiondur. Bu ince polimer tabakadan protonlar kolayca diğer tarafa geçebilirken elektronların geçişi mümkün değildir. Hidrojen anot üzerine akarken, elektrolit yüzeyinde hidrojen iyonlarına (proton) ve elektronlarına ayrılır. Oluşan hidrojen iyonları ince membrandan katoda doğru ilerlerken geçişi engellenen elektrotlar dış devreden geçerek güç oluştururlar. Havadan sağlanan oksijen katot üzerinde hidrojen iyonları ve dış devreden gelen elektronlar ile birleşerek suyun oluşmasını sağlar. PEM yakıt pili elektrotları üzerinde gerçekleşen reaksiyonlar aşağıdaki gibidir:

Anot	$2 \text{ H}_2 \rightarrow 4\text{H}^+ + 4\text{e}^-$
Katot	$\text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^- \rightarrow 2 \text{ H}_2\text{O}$
TOPLAM	$2 \text{ H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{ H}_2\text{O} + \text{Enerji}$

PEM yakıt pilleri 80 °C sıcaklıkta çalışır. Bu sıcaklık, gerçekleşen elektrokimyasal reaksiyonlar için düşük olduğundan elektrotlar ince platin tabakaları ile desteklenmektedir.

PEM yakıt pillerinin otomotiv sektöründe kullanımını sağlayan önemli avantajları şunlardır:

- Küçük boyutta uygulanabilir olmaları,
- Düşük sıcaklıklarda çalışmalarına rağmen bu sıcaklıklardan kolayca yüksek güç üretimine geçebilmeleri,
- Yüksek verimde çalışmaları; % 40-50 seviyesinde maksimum teorik voltaj üretebilmeleri ve güç ihtiyacındaki değişikliklere hızlı cevap verebilmeleridir.
- Günümüzde 50 ila 250 kw'ya kadar güç üretimi yapan yakıt pilleri üretilmektedir. Bu teknolojinin geniş bir kullanım alanına sahip olabilmesi için birkaç engelleyici özelliği üzerinde çalışmalar da sürmektedir. Bu özelliklerin başında katalizör ve membran malzemelerinin pahalılığından dolayı meydana gelen yüksek fiyata ve düşük sıcaklıklarda çalışmalarından dolayı CO ve diğer safsızlıkların etkisiyle zehirleyici özelliği bulunan saf hidrojen kullanımını zorunlu kılmasıdır.

4.3.5. Doğrudan Metanol Kullanılan Yakıt Pili (DMFC)

Doğrudan metanol kullanılan yakıt pili (DMFC), PEM yakıt pillerinin bir çeşidi olmakla beraber bir ön reformlamaya ihtiyaç duyulmadan metanolün doğrudan kullanımına imkân tanıyan bir yapıya sahiptir. Metanol, anotta CO₂ ve hidrojen iyonlarına dönüştürüldükten sonra hidrojen iyonları standart PEM yakıt pillerinde izledikleri yoldan oksijen ile reaksiyona girer. DMFC tipi yakıt pillerinde anot ve katotta gerçekleşen reaksiyonlar aşağıda verilmiştir:

Anot	$\text{CH}_3\text{OH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + 6\text{H}^+ + 6\text{e}^-$
Katot	$3/2 \text{O}_2 + 6\text{H}^+ + 6\text{e}^- \rightarrow 3\text{H}_2\text{O}$
TOPLAM	$\text{CH}_3\text{OH} + 3/2 \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$

Bu hücreler, PEM yakıt pillerinden daha yüksek bir çalışma sıcaklığına sahip olup, 120 °C civarında çalışabilmektedirler. Verimleri ise % 40 civarındadır. Metanolün düşük sıcaklıkta CO₂ ve hidrojene dönüşümü, PEM yakıt pillerinden farklı olarak daha yüksek miktarda platin katalizörüne ihtiyaç duyulmasına neden olmaktadır. Platin katalizörün miktarındaki artış, fiyatta artışa neden olmakta ve bu özellik DMFC için önemli bir dezavantaj oluşturmaktadır. Sıvı yakıt kullanımına imkân sağlaması ve yenileme ünitesi olmadan çalışabilir olması ise önemli avantajlarıdır. Geliştirme aşamasında olan DMFC teknolojisi gelecekte cep telefonu, dizüstü bilgisayarlar ve taşınabilir güç kaynakları için potansiyel bir güç kaynağı olarak görülmekte ve bu tip yakıt pilleri üzerindeki çalışmalar devam etmektedir.

4.4 Yakıt Hücreli Motorların Avantaj ve Dezavantajları

Taşıtlarda yakıt hücresi kullanımı ile birlikte hidrojen enerjisi ve elektrikli taşıt fikri sağlam bir yapıya kavuşmuştur. Yakıt hücreleri en çok gelecek vadeden sistemler olup, günümüzde firmaların üzerinde en çok çalıştıkları ve araştırmalar yaptıkları konuların en başında gelmektedir. Geliştirme aşamalarının tamamlanmasıyla birlikte en çok rağbet görecektir olan ve yüksek avantajlar sağlayacak bir sistemdir. Yakıt hücrelerinde kimyasal reaksiyonlar için kullanılan plakalarında bor madeninden yapılması ülkemiz ekonomisine de katkı sağlayacaktır.

Yakıt hücresine sahip bir motorun avantajlarını şu şekilde sıralayabiliriz:

- Çevre dostudur ve reaksiyonlar sonunda dışarıya egzoz olarak oksijen atılır.
- Yakıt tüketimi yönünden çok daha ekonomiktir.
- Ülke ekonomisinin dışa bağımlılığını azaltır.

Yakıt hücresine sahip bir motorun dezavantajlarını şu şekilde sıralayabiliriz:

- İçten yanmalı motora göre daha pahalıdır.
- Kullanım ömrü şu an için düşüktür.
- Farklı tiplerde yakıt hücreleri gelişmiş ülkelerde deneme aşamasında olup, yaygınlaşması uzun sürebilir.

4.5 Yakıt Hücreli Motorların Gelişme Perspektifleri

Günümüzde yeni tipte yakıt pilleri üzerinde çalışılmaktadır. Bunlara örnek olarak proton iletkenliğine sahip seramik elektrolitli yakıt pilleri ve çinko/hava karışımının yakıt olarak kullanıldığı yakıt pilleri sayılabilir. Yakıt pili teknolojisinde yakıt pilinin güç yoğunluğunu, gazlardaki safsızlıklara karşı direncini ve ömrünü uzatmak ve optimize etmek amacıyla elektrot malzemesinin iyileştirilmesi; yığınlar oluşturarak 250 kW'a kadar elektrik üretiminin tek bir modülden sağlanması; katalizör olarak kullanılan değerli metallerin miktarında azaltmalar gerçekleştirilerek gerek veriminde artış gerekse maliyette düşüşün sağlanması; sistemin performansını, sağlamlığını, ömür ve maliyetini artırıcı tasarımların geliştirilmesi; hidrojen depolama sistemlerinin geliştirilmesi; hidrojen dışında başka yakıtların kullanımına olanak tanıyacak dönüşüm sistemlerinin geliştirilmesi üzerinde çalışmalar devam etmektedir. Yakıt pilleri; suyla çalışan, hidrojen enerjili taşıtların üretilmesinde bir geçiş aşaması oluşturmaktadır.

Yakıt pilleri şu alanlarda da kullanılmaktadır;

- Uzay çalışmaları / askeri uygulamalar
- Evsel uygulamalar
- Sabit güç üretim sistemi / yüksek güç üretim sistemi uygulamaları
- Taşınabilir güç kaynağı uygulamaları
- Atık / atık su uygulamaları



Resim 4.1: Yakıt hücreli değişken şasi

Otomobil fabrikaları, yakıt pili teknolojilerine büyük önem verirken, Toyota ve Honda gibi şirketler üretime şimdiden başlamış durumdadır. 2020 yılına kadar bir milyon yakıt pilli araç satarak bu alanda bir ilki gerçekleştirmeyi hedefleyen General Motor şirketinin tasarladığı “Hy-Wire Yakıt Pili Konsepti” ile geleceğin müşterileri gerek kamyonet gerekse de spor arabalarında aynı şasiyi kullanabilecekler. Tasarlanan şasi sayesinde bir aracın üst kısmı değiştirilerek istenilen model ve türde araca dönüştürülebilecek. Yakıt pili ile çalışan tahrik sistemi 28 cm kalınlığında olup, sabit olarak üretilerek üst kısmın ayrı üretilmesi ile gelecekte otomobil fiyatlarının bugünden daha ucuz olması hedefleniyor.

Hazırlanan bir gösteri filminde "Hy-Wire Yakıt Pili Konsepti" ile çalışan bir araç garaja sokulduktan sonra aracın fişe takılması sonucunda ev için gerekli elektrik de araçtan sağlanabilmektedir. Honda firmasının FCX modeli ise dünyada günlük kullanım için devletçe onaylanan ilk yakıt pilli araç olma özelliğini taşımaktadır. Honda Firması 1975 yılında ürettiği Civic CVCC marka araç, dünyada "Clean Air Act" emisyon standartlarını katalitik dönüştürücü kullanımı gerekmeksizin karşılayan ilk araç olmuştur. Bu araçtan sonra doğal gaz ile çalışan Civic GX modeli üretilmiştir. Sıfıra yakın emisyon değerleri ile "Environmental Protection Agency" tarafından dünyanın en temiz motoru olarak tanımlanan, Civic GX modelinin ardından 1999 yılında Honda gaz- elektrik hibrid sistemi ile tüketicinin karşısına çıkmıştır. Bu sene de Honda Civic, ABD'de hibrid güç üretim sistemi opsiyonuna sahip ilk model oldu. FCX modeli "Environmental Protection Agency" ve "California Air Resources Board" tarafından onaylanmış olup, Los Angeles'da tüketici ile buluşmaktadır. Bu model ile Honda'nın gelecekteki sıfır emisyon hedeflerini gerçekleştirmiş oluyor.



Resim 4.2 Yakıt hücresi ile çalışan ilk taşıt

UYGULAMA FAALİYETİ

İşlem Basamakları	Öneriler
➤ Yakıt pilerinin özelliklerini dikkatlice inceleyiniz.	➤ Modül kitapçığında ve internet sitelerinden konuyla ilgili araştırma yapınız.
➤ Yakıt hücreli taşıtların egzoz emisyon değerlerini inceleyiniz.	➤ Modül kitapçığında ve farklı kaynaklardan araştırma yapınız.
➤ Yakıt pilli taşıtların tamir ve bakım yöntemlerini araştırınız.	➤ İnternet sitelerinden konuyla ilgili araştırma yapınız. Tamir ve bakımlar için bataryalar ve elektrik tesisatı modüllerinden faydalanabilirsiniz.
➤ Yakıt pilli taşıtlar diğer alternatif yakıtlı veya alternatif motorlu taşıtlarla karşılaştırınız.	➤ Taşıtlarda kullanılmakta olan farklı alternatif yakıtları ve motorları karşılaştırarak arkadaşlarınızla tartışınız.
➤ Euro 4 taşıtlar için çevre koruma standartlarını araştırarak, yakıt pillerinin uyumunu tartışınız.	➤ TSE ve sanayi odasından ilgili standartlar ve kurallar hakkında bilgi toplayarak arkadaşlarınızla paylaşınız.

ÖLÇME DEĞERLENDİRME

A. OBJEKTİF TESTLER

Aşağıdaki test sorularında doğru olan seçeneği işaretleyerek cevap anahtarı ile karşılaştırıp yanlış cevaplandırıdığınız kısımları yeniden okuyunuz.

1. Yakıt hücrelerinde enerji hangi maddelerin reaksiyonu sonucu elde edilir?
A)Benzin
B)Azot ve hidrojen
C)Hidrojen ve oksijen
D)Motorin
2. Günümüzde üretilen yakıt hücreleri hangi değerlerde güç üretmektedir?
A)100- 200 kw
B)50- 250 kw
C)200- 400 kw
D)300- 500 kw
3. Aşağıdakilerden hangisi yakıt pili sistemlerinden **değildir?**
A)Güç dönüştürücü
B)Güç üretim sistemi
C)Yakıt işleme ünitesi
D)Yakıt püskürtme sistemi
4. DMFC Yakıt pillerinde çalışma sıcaklığı kaç derecedir?
A)120 °C
B)80 °C
C)40 °C
D)60 °C
5. Aşağıdakilerden hangisi yakıt hücreleri içinde kullanıma en elverişli olanıdır?
A)Katı polimer yakıt hücresi
B)Alkali yakıt hücresi
C)Fosforik asit yakıt hücresi
D)Proton değişimli yakıt hücresi

B. DOĞRU YANLIŞ SORULARI

- Aşağıdaki ifadelerden doğru olanlara (D), yanlış olanlara (Y) harfi koyunuz.

6. () Yakıt pilleri Euro 4 taşıt çevre koruma normuna uyumludur.
7. () Yakıt hücreli taşıt, dizel taşıDa göre daha avantajlıdır.
8. () Sistemde hidrojen, yüksek basınçlarda püskürtülür.
9. () Yakıt hücresinde dışarı hidrojen atılır.
10. () Yakıt hücrelerinde ateşleme sistemi bulunmaz.

DEĞERLENDİRME

Öğrenme faaliyeti ile ilgili soruları kendinize uygulayınız. Verdiğiniz cevaplar arasında yanlış cevap var ise tekrar ilgili konuya dönerek konuyu tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

PERFORMANS DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki testi okuyarak seçtiğiniz uygun cevabın altına işaret koyunuz, “Evet” cevabınızın çoğunlukta olması bu modülü başarıyla tamamladığınızı göstermektedir.

GÖZLENECEK DAVRANIŞLAR	EVET	HAYIR
Biyolojik yakıt ve çeşitlerini öğrendiniz mi?		
Hangi motorlarda kullanılacağını ve özelliklerini incelediniz mi?		
Bitkisel yakıtların özelliklerini ve önemini öğrendiniz mi?		
Wankel motorların çalışma prensibini öğrendiniz mi?		
Wankel motorların özelliklerini öğrendiniz mi?		
Elektrikli hibrid taşıtlar hakkında bilgi sahibi oldunuz mu?		
Hibrid taşıtların karakteristik özelliklerini öğrendiniz mi?		
Yakıt hücresi (pili) hakkında bilgi sahibi oldunuz mu ?		
Yakıt hücresi (pili) geliştirme aşamalarını ve karakteristik özelliklerini öğrendiniz mi?		
Geleceğin motorlu taşıtları ve alternatif yakıtlar hakkında bilgi sahibi oldunuz mu?		
Konuyla ilgili yenilikler üzerinde araştırmalar yaptınız mı?		

CEVAP ANAHTARLARI

Testlere verdiğiniz cevapları, cevap anahtarı ile karşılaştırarak yanlış cevaplarınızı belirleyiniz: Bu soruları tekrardan okuyarak cevaplayınız. Doğru cevaplarınızın çoğunlukta olması konuyu iyi anladığınızı gösterir.

ÖĞRENME FAALİYETİ-1 CEVAP ANAHTARI		ÖĞRENME FAALİYETİ-2 CEVAP ANAHTARI	
1	B	1	A
2	D	2	D
3	A	3	B
4	D	4	C
5	B	5	B
6	Y	6	Y
7	Y	7	Y
8	D	8	D
9	Y	9	D
10	D	10	Y

ÖĞRENME FAALİYETİ-3 CEVAP ANAHTARI		ÖĞRENME FAALİYETİ-4 CEVAP ANAHTARI	
1	C	1	C
2	A	2	B
3	C	3	D
4	B	4	A
5	D	5	C
6	D	6	D
7	Y	7	Y
8	D	8	Y
9	D	9	D
10	Y	10	Y

KAYNAKÇA

- CİNGÖZ M, **Alternatif Taşıt Tahrik Tipleri ve Otomatik Transmisyonla Birlikte Kullanımının İncelenmesi**, E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Müh. A.B.D Yüksek Lisans Tezi, Kayseri 2003
- BROWN P,J. **Electrics And Hybrids No Requie Fmvss Reusites, Automotive Engineering**, Vol.115, Num.1 pp.69-73, 1993.
- HARMON R. **Alternative Vehicle Propulsion Systems, Mechanical Engineering**, Pp. 36-41, Dec. 1991
- HİRCHEH H,J., **Commercialization Of Fuel Cell Technology**, Sept. 2001
- KALBERLAH A., **Hybrid Drive Systems For Car, Automotive Engineering, Vol.99,Num.7 pp.17-19**, 1991
- O'CONNOR L., **Energizing The Batteries For Electric Cars, Automotive Engineering, Vol.115, Num.1 pp.73-75**, 1993
- SIURU B, **Electrical Vehicles, Mechanical Engineering, pp. 41-44**, Dec. 1991
- www.automotiveengineering.com
- www.biodizelturk.com.tr
- www.mechanicalengineering.com
- www.obitet.gazi.edu.tr