

**T.C.
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI**

MOTORLU TAŞITLAR TEKNOLOJİSİ

ALTERNATİF YAKITLI MOTORLAR

Ankara, 2014

- Bu modül, mesleki ve teknik eğitim okul/kurumlarında uygulanan Çerçeve Öğretim Programlarında yer alan yeterlikleri kazandırmaya yönelik olarak öğrencilere rehberlik etmek amacıyla hazırlanmış bireysel öğrenme materyalidir.
- Millî Eğitim Bakanlığınca ücretsiz olarak verilmiştir.
- PARA İLE SATILMAZ.

İÇİNDEKİLER

AÇIKLAMALAR	iv
GİRİŞ	1
ÖĞRENME FAALİYETİ-1	2
1. BİTKİSEL YAKITLARLA ÇALIŞAN MOTORLAR	2
1.1. Motorlarda Kullanılan Bitkisel Yakıt Türleri	2
1.2. Bitkisel Yakıtların Özellikleri	2
1.3 Bio Dizel ve Bio Benzin Standartları	5
1.4 Bitkisel Yakıtların Avantaj ve Dezavantajları	6
1.5.Bitkisel Yakıtların Motor Performansına Etkileri	7
1.6. Bitkisel Yakıtlı Motorların Bakımları	8
UYGULAMA FAALİYETİ	9
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	10
ÖĞRENME FAALİYETİ-2	12
2. ALKOLLÜ YAKITLAR	12
2.1 Bio Benzin	12
2.2. Etanol ve Metanolün Özellikleri	12
2.3. Alternatif Yakıt Kullanımı İle İlgili Mevzuat	13
UYGULAMA FAALİYETİ	14
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	15
ÖĞRENME FAALİYETİ-3	16
3. WANKEL MOTORLARI	16
3.1.Wankel Motorların Çalışma Prensibi	16
3.2. Motor Çalışma Zamanları	19
3.2.1. Emme Zamanı	19
3.2.2.Sıkıştırma Zamanı	20
3.2.3 Ateşleme (İş) Zamanı	20
3.2.4. Egzoz Zamanı	21
3.3.Wankel Motorların Avantaj ve Dezavantajları	21
3.4.Wankel Motorun Karakteristikleri	22
3.5. Wankel Motorların Bakımları	24
UYGULAMA FAALİYETİ	25
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	26
ÖĞRENME FAALİYETİ-4	28
4. ELEKTRİKLİ HYBRİD MOTORLAR	28
4.1. Elektrikli Hybrid Motorların Çalışma Prensipleri	28
4.2. Elektrikli Hybrid Motorların Avantaj ve Dezavantajları	30
4.3. Elektrikli Hybrid Motorların Türleri	31
4.3.1. Paralel Hybrid Tahrik Sistemi	31
4.3.2. Seri Hybrid Tahrik Sistemleri	32
4.3.3. Kompleks (Karışık) Hybrid Elektrikli Araç	34
4.4. Elektrikli Hybrid Taşıtlarda Kullanılan Elektrik Motor Tipleri	35
4.4.1 Yüzey Mıknatıslı Fırçasız Doğru Akım Makineleri	36
4.4.2 Gömülü Mıknatıslı Senkron Makineler	36
4.4.3. Üç Fazlı Asenkron Makineler	37
4.5. Elektrikli Hybrid Taşıtlarda Kullanılan Aküler	37
4.5.1 Kurşun-Asit Batarya	37
4.5.2 Nikel-Demir Batarya	38

4.5.3 Nikel-Çinko Batarya	39
4.5.4 Nikel Kadmiyum Batarya	39
4.5.5 Nikel-Metal Hidrür Batarya	39
4.5.6 Sodyum-Sülfür Batarya.....	40
4.5.7 Sodyum-Nikel Klorür Batarya	40
4.5.8 Lityum-Demir Sülfat Batarya.....	40
4.5.9 Lityum-Katı Polimer Batarya.....	41
4.5.10 Lityum-İyon Batarya	41
4.6. Elektrikli Hybrid Araçların Değerlendirilmesi	42
4.6.1. Hybrid Taşıtların Performansı.....	43
4.6.2. Hybrid Taşıtların Verimi ve Yakıt Tüketimi.....	44
4.7. Örnek Bir Hybrid Taşıtın İncelenmesi	44
4.7.1. Nikel Metal Hidrid (Ni-Mh) Batarya	49
4.7.2. Elektrik Motoru	49
3.7.3. E-CVT Transmisyon	50
UYGULAMA FAALİYETİ.....	52
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME.....	53
ÖĞRENME FAALİYETİ-5	56
5. YAKIT HÜCRELİ MOTORLAR.....	56
5.1 Yakıt Hücreli Motorların Çalışma Prensipleri.....	57
5.1.1 Yakıt İşleme Ünitesi.....	58
5.1.2 Güç Üretim Sistemi.....	58
5.1.3 Güç Dönüştürücü	59
5.2 Yakıt Hücresi (Yakıt Pili) Çeşitleri	59
5.2.1. Fosforik Yakıt Hücresi (PAFC)	59
5.2.2. Katı Polimer Yakıt Hücresi (SOFC)	60
5.2.3. Alkali Yakıt Pili (AFC).....	61
5.2.4. Proton Değişim Membranlı Yakıt Pili (PEM).....	61
5.2.5. Doğrudan Metanol Kullanılan Yakıt Pili (DMFC)	62
5.3 Yakıt Hücreli Motorların Avantaj ve Dezavantajları	63
5.4 Yakıt Hücreli Motorların Gelişme Perspektifleri	63
UYGULAMA FAALİYETİ.....	66
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME.....	67
MODÜL DEĞERLENDİRME	69
CEVAP ANAHTARLARI.....	70
KAYNAKÇA.....	72

AÇIKLAMALAR

ALAN	Motorlu Taşıtlar Teknolojisi
DAL/MESLEK	Otomotiv Elektro Mekanikerliği
MODÜLÜN ADI	Alternatif Yakıtlı Motorlar
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 motorlar ve yakıt sistemlerinin bakım onarımını yapmak.
MODÜLÜN AMACI	Genel Amaç: Alternatif yakıtlı motorların çalışma prensiplerini kavrayabilecek ve standart süre içerisinde temel bakımlarını yapabileceksiniz. Amaçlar: <ol style="list-style-type: none">1. Bitkisel yakıtlarla çalışan motorların temel bakımlarını yapabileceksiniz.2. Alkollü yakıtlarla çalışan motorların bakımlarını yapabileceksiniz.3. Wankel motorlarının çalışma prensibini kavrayabilecek ve temel bakımlarını yapabileceksiniz.4. Elektrikli hybrid sisteminin bakım/onarımını yapabileceksiniz.5. Yakıt hücreli motorların bakımını yapabileceksiniz.
EĞİTİM ÖĞRETİM ORTAMLARI VE DONANIMLARI	Ortamlar: Atölye, internet ortamı, teknoloji sınıfı, yetkili otomotiv servisleri vb. Donanımlar: TV, VCD, video, internet, atölye ekipmanları vb.
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 hybrid (hybrid) taşıtlar, hidrojene geçiş aşamasını oluşturacak ve hidrojenli taşıtların geliştirilmesi planlanmaktadır.
- 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.

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 Yakıt Türleri

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 kullanılabilir 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.

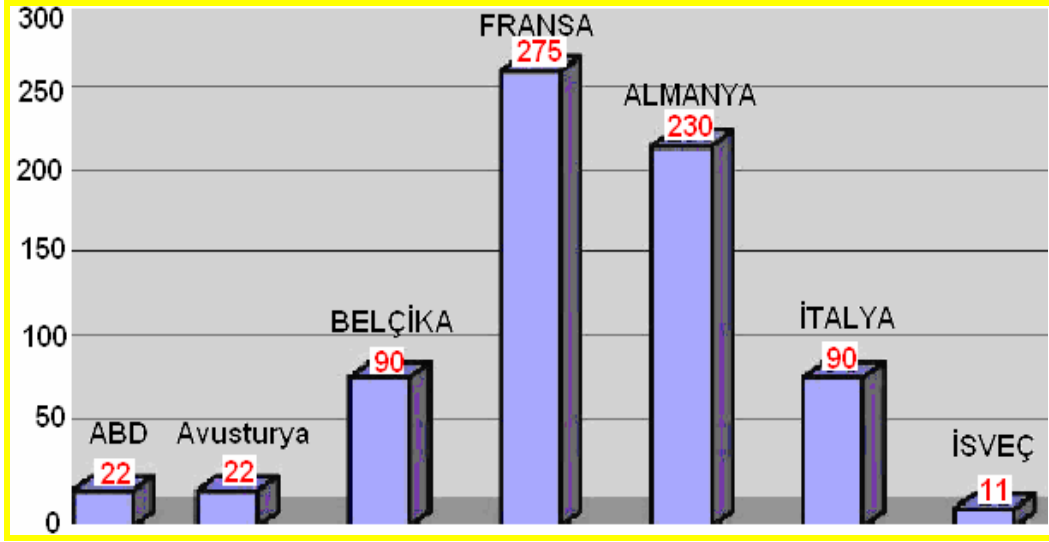
Tablo1.1’de biomotorin üretilebilecek bitkiler ve yağ verimleri görülmektedir.

Yağ Bitkisi	Kg Yağ/Hacim	Yağ İçeriği
Acı Bakla	195	6-9
Aspir	655	25-37
Ayçiçeği	800	35-40
Badem	1125	25-50
Balkabağı	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

Tablo 1.1: Biomotorin üretilebilecek bitkiler ve yağ verimleri

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. Emüsyon 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 Bio Dizel ve Bio Benzin Standartları

Biyodizel için EN 14214 Avrupa Birliği Standardı ile ASTM D 6751 Amerikan Standardı yürürlüktedir. Türkiye'de EN 14214 Standardı temel alınarak TSE Standardı hazırlanmaktadır.

Biyodizel, dizel ile karışım oranları bazında aşağıdaki gibi adlandırılmaktadır:

- **B5** : % 5 Biyodizel + %95 Dizel
- **B20** : % 20 Biyodizel + %80 Dizel
- **B50** : % 50 Biyodizel + %50 Dizel
- **B100** : %100 Biyodizel

Ülkemizde biyodizel standardı yine AB ülkelerinin uzun tartışmalardan sonra karar verdikleri ve halen tartıştıkları EN 14213 ve EN 14214 standardı olarak karşımıza çıkmıştır. EN 14214'den önceki standartlara bakıldığında ve yine EN 14214'ün her ülkedeki uygulanış şekline bakıldığında yakıt özellikleri ile ilgili sınırlar değişebilmektedir. Ayrıca EN 14214 standardı Kanola metil esterine göre düzenlendiğinden bu standardın yeniden gözden geçirilmesi gerekmektedir. Görüldüğü gibi biyodizel tek bir standart içine sığmamaktadır. Bunun için biyodizelin kullanım alanına göre de otomotiv biyodizeli ve ısıtma amaçlı YAME olarak tasnif edilmesi daha doğru olacaktır. Ayrıca her ülkenin standart çalışmasını yaparken bir özellikten (RME, SME, FAME, vb) hareket etmesine rağmen Türkiye'de hangi yağ bitkisi esas alınarak standart çalışması yapılmıştır? Belli değildir. Burada en uygun bitki olarak yine kanola ve aspir görünmektedir.

1.4 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 SOX 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, CO₂ 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 NO_x ve ortalama yakıt tüketimi dizel motordan %3 daha fazladır).

Biomotorin 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 kullanılabilir.

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

Aşağıdaki tabloda 10.000 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: Taşıtların CO ve HC 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.

1.5.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 kullanılabilir. Biodizel, kış aylarında da kullanılabilir ve motorun ilk çalışmasında hiçbir sorunla karşılaşmamaktadır. Ancak motorinin pullanma sıcaklığı -7°C iken, biomotorininki $+3^{\circ}\text{C}$ 'dir. Bu derecelerde yakıt jel hâline geçmekte ve filtreleri tıkayarak 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. Biodizel iyi bir yağlama yeteneğine sahip olduğundan yüksek derecede motor aşınması oluşturmamaktadır. Biodizelin en büyük avantajı egzoz emüsyon değerlerinin çok düşük olmasıdır.

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

Yakıtlar	Kalori (MJ/kg)	Yoğunluk (kg/dm ³)	Viskosite (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	C ₁₆ H ₄₃
Ayçiçeği	40.56	0.878	10	7.5	45 – 52	85	C ₅₅ H ₁₀₅ O ₆
Pamuk	40.58	0.874	11	7.2	45 – 52	70	C ₅₄ H ₁₀₁ O ₆
Soya	39.76	0.872	11	4.3	37	69	C ₅₃ H ₁₀₁ O
Mısır	37.83	0.915	46	10.5	37.6	270 – 295	C ₅₅ H ₁₀₃ O ₆

Haşhaş	38.92	0.921	56	13	-	-	$C_{57}H_{103}O_6$
Kolza	37.62	0.914	39.5	10.5	37.6	275–290	$C_{57}H_{105}O_6$

Tablo 1.3: Biomotorine Dönüştürülmüş Bitkilerin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

1.6. 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 modülünden yararlanabilirsiniz.

UYGULAMA FAALİYETİ

Aşağıda verilen işlem basamaklarını takip ederek uygulama faaliyetini yapınız

İşlem Basamakları	Öneriler
➤ Biodizel yakıtın özelliklerini dikkatlice inceleyiniz.	➤ Modül kitapçığında ve internet sitelerinden konuyla ilgili araştırma yapınız.
➤ Biodizel yakıtın egzoz emüsyon değerlerini inceleyiniz.	➤ Atölyede %20 oranında bitkisel yağlarla, motorini karıştırıp motoru çalıştırınız ve emüsyon değerlerini analiz cihazı yardımıyla belirleyiniz.
➤ Biodizel taşıtların tamir ve bakım yöntemlerini 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 koruma standartlarını araştırarak arkadaşlarınızla paylaşınız.	➤ TSE ve sanayi odasından ilgili standartlar ve kurallar hakkında bilgi toplayarak arkadaşlarınızla paylaşınız.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyarak doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Aşağıdakilerin hangisi dizel motorlarda kullanılan yakıttır?
A) Benzin
B) Soyayağı
C) Hidrojen
D) LPG
2. Biyolojik yakıtların kullanımı hangi sektörün canlanmasını sağlar?
A) Sanayi
B) Tekstil
C) Otomotiv
D) Tarım
3. Kanada, aşağıdakilerden hangisi pahalı olduğu için ekimi durdurmuştur?
A) Kanola
B) Mısır
C) Jojaba
D) Pancar
4. Dizel motorlarda kullanılan motorinin donma noktası kaç derecedir?
A) 0°C
B) 3°C
C) -8 °C
D) -7 °C
5. 10.000 km'de biodizel taşıtların çevreye bıraktığı CO miktarı hangisidir?
A) 7.5

B) 4.9

C) 8.2

D) 10

Aşağıdaki cümlelerin başında boş bırakılan parantezlere, cümlelerde verilen bilgiler doğru ise D, yanlış ise Y yazınız.

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

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-2

AMAÇ

Alkollü yakıtlarla çalışan motorların bakımlarını yapabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

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

2. ALKOLLÜ YAKITLAR

Dünyada petrol rezervlerinin giderek azalmasına karşın, başta teknolojik gelişme ve nüfus artışı olmak üzere birçok faktöre bağlı olarak petrol ürünlerine olan talep giderek artmaktadır. Bu gelişimle birlikte, önemli derecede artan petrol fiyatları, alternatif enerji kaynaklarının kullanımına ilişkin çalışmaları da beraberinde getirmiştir. Günümüzde, Brezilya, ABD, Hindistan ve AB başta olmak üzere birçok ülkede kullanımı giderek artan, hatta zorunlu hale gelen ve "**Biyoyakıtlar**" olarak adlandırılan "**Biyobenzin**" ile "**Biyodizel**" bu çalışmalar arasında önemli bir yere sahiptir.

2.1 Bio Benzin

Biyobenzin üretiminde katkı olarak kullanılan etanolün, 2004 yılı itibarıyla dünya üretimi, yaklaşık 30 milyar litredir. Üretimde en fazla paya sahip olan ülkeler, Brezilya (% 37), ABD (% 33), Çin (% 9) ve Hindistan (% 4) iken, Fransa dünya üretiminden aldığı % 2'lik pay ile AB ülkeleri arasındaki en önemli üretici ülkedir. Dünya etanol üretiminin büyük bölümü mısır ve şeker kamışı ya da şeker pancarı kökenli şekerden elde edilmekle birlikte, etanol üretiminde kullanılan tarım ürünleri, ülkeler arasında farklılık gösterebilmektedir. Örneğin, Brezilya'da şeker kamışı kullanılırken, ABD'de mısır, Çin'de mısır ve buğday, Hindistan'da şeker kamışı, Fransa'da şeker pancarı, mısır ve buğday, Tayland'da ise cassava ve pirinç kullanılmaktadır.

2.2. Etanol ve Metanolün Özellikleri

Etanol, otomobiller ve diğer motorlu araçlarda, tek başına bir yakıt olarak ya da benzine karıştırılan bir katkı maddesi olarak kullanılabilir.

Etanol, hava kirliliğini azaltmak ya da petrol ürünlerinin tüketimini azaltmak amacıyla, benzinle değişik oranlarda karıştırılarak kullanılabilir. En yaygın uygulamalar E10 ya da E85 diye bilinen sırasıyla %10 ve %85 etanol içeren karışımlardır. Etanolün yakıt hücrelerinde kullanımı da yaygınlaşmaktadır.

Bitkilerden elde edilen etanol (**biyo-etanol**), sürdürülebilir bir enerji kaynağı olarak, sağladığı çevresel ve ekonomik yararlar nedeniyle, fosil yakıtlara göre avantajlar sağlamaktadır.

Etanol, yaygın olarak şeker kamışı ve mısırdan elde edilmektedir. Ancak etanol elde etmek için, bugün kullanılan teknolojiler, etanolden elde edilen enerjinin yaklaşık %70 fazlasını harcamayı gerektirdiğinden, hala fosil yakıtlar karşısında yeterince rekabet edici değildir.

Etanolün motorlarda kullanımı düşüncesi tarım ürünlerinin bolca yetiştirildiği ülkeler için geçerlidir. Bu sebeple etanol yakıtının alternatif bir yakıt olarak motorlarda kullanılması dünya çapında sınırlı kalmıştır. Ayrıca günümüzdeki etanol üretimindeki enerji dengesi negatiftir. Yani etanolün üretimi için, yanması sonunda vereceği enerjiden fazla enerjiye gereksinim vardır.

2.3. Alternatif Yakıt Kullanımı İle İlgili Mevzuat

Biyodizel ve Biyoetanol Petrol Piyasası Yasası içerisinde yer almış olup, akaryakıt ve harmanlanabilen yakıt olarak tanımlanmıştır.

- Biyodizel üreticilerinin EPDK'dan işleme lisansı almaları zorunludur,
- Otobiyodizel TS EN 14214; yakıtbiyodizel TS EN 14213 standartlarına uygun nitelikte olmalıdır,
- Atık yağlardan üretilecek biyodizel, ilgili “Bitkisel Atık Yağların Kontrolü Yönetmeliği” gereklerine uygun olarak geri kazanım tesislerinde üretilmek zorundadır

04.12.2003 tarih ve 5015 sayılı “**Petrol Piyasası Yasası**”nda ve “**Petrol Piyasasında Uygulanacak Teknik Kriter Yönetmeliği**”nde; Akaryakıtla harmanlanan ürünler olarak Metil tersiyer bütül eter (MTBE), **Etanol** vb. (yerli tarım ürünlerinden denatüre olarak üretilenler ile **biodizel** hariç) akaryakıt ile eşdeğer vergiye tâbi olan ve olacak ürünleri, Akaryakıt olarak benzin türleri, nafta (hammadde, solvent nafta hariç), gazyağı, jet yakıtı, motorin türleri, fuel-oil türleri ile biodizel tanımlanmıştır.

UYGULAMA FAALİYETİ

Aşağıda verilen işlem basamaklarını takip ederek uygulama faaliyetini yapınız.

İşlem Basamakları	Öneriler
➤ Biobenzin yakıtın özelliklerini dikkatlice inceleyiniz.	➤ Modül kitapçığından ve internet sitelerinden konuyla ilgili araştırma yapınız.
➤ Biobenzin yakıtın egzoz emüsyon değerlerini inceleyiniz.	➤ Atölyede biobenzinle motoru çalıştırınız ve emüsyon değerlerini analiz cihazı yardımıyla belirleyiniz.
➤ Biobenzin taşıtların tamir ve bakım yöntemlerini araştırınız.	➤ Modül kitapçığından ve internet sitelerinden konuyla ilgili araştırma yapınız.
➤ Biobenzin yakıtını diğer alternatif yakıtlarla karşılaştırınız.	➤ Taşıtlarda kullanılmakta olan farklı alternatif yakıtları karşılaştırarak arkadaşlarınızla tartışınız.
➤ Euro 4 taşıtlar için çevre koruma standartlarını araştırarak arkadaşlarınızla paylaşınız.	➤ TSE ve sanayi odasından ilgili standartlar ve kurallar hakkında bilgi toplayarak arkadaşlarınızla paylaşınız.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyarak doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Biobenzin aşağıdaki ülkelerden en çok hangisinde üretilmektedir?
A) Brezilya
B) ABD
C) Çin
D) Hindistan
2. Aşağıdakilerden hangisi etanol üretiminde kullanılan tarım ürünlerinden değildir?
A) Şekerkamışı
B) Mısır
C) Cassava
D) Tütün

Aşağıdaki cümlelerin başında boş bırakılan parantezlere, cümlelerde verilen bilgiler doğru ise **D**, yanlış ise **Y** yazınız.

3. () Etanol, otomobiller ve diğer motorlu araçlarda, tek başına bir yakıt olarak ya da benzine karıştırılan bir katkı maddesi olarak kullanılabilir.
4. () Otobiyodizel TS EN 14214; yakıtbiyodizel TS EN 14213 standartlarına uygun nitelikte olmalıdır.
5. () Alternatif Yakıt Kullanımı İle İlgili Mevzuat, Petrol Piyasasında Uygulanacak Teknik Kriter Yönetmeliği”nde belirtilmiştir.
6. () Bitkilerden elde edilen etanol (**biyo-etanol**), sürdürülebilir bir enerji kaynağı olarak, sağladığı çevresel ve ekonomik yararlar nedeniyle, fosil yakıtlara göre avantajlar **sağlamazlar**.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-3

AMAÇ

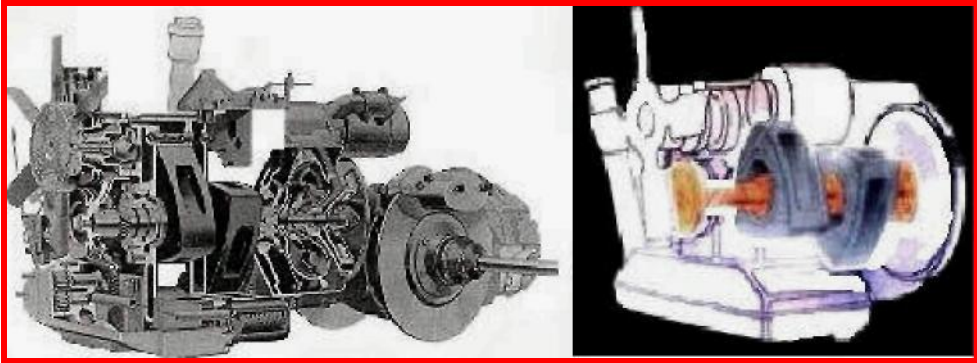
Wankel motorlarının çalışma prensibini kavrayabilecek ve temel bakımlarını yapabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

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

3. 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 3.1’de wankel motoru gösterilmektedir.

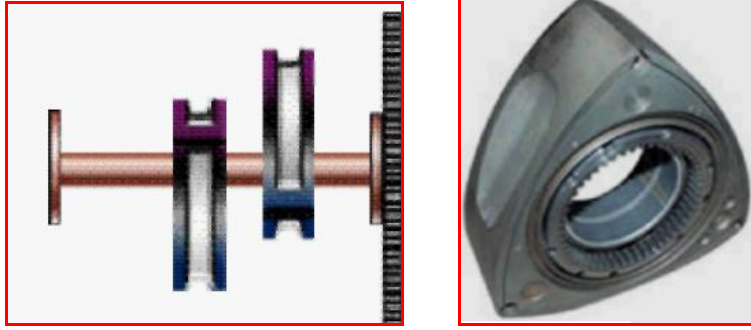


Resim 3.1: Wankel motoru

3.1.Wankel Motorların Çalışma Prensibi

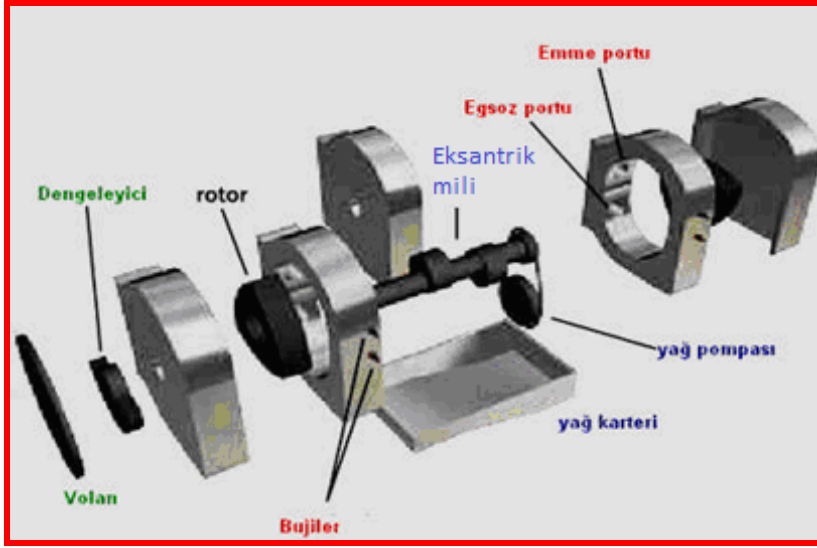
Wankel (Döner pistonlu) motorunun kullanışlı oluşunun en önemli sebebi mekanik olarak imalatının kolaylığıdır. Wankel motorunun normal bir motordan çok daha basit bir yapısı vardır. Oval bir gövde içerisinde merkezden kaçık olarak dönen bir rotor (döner piston) (tasarıma göre 2-3-4 rotor da olabilir) ve eksantrik milidir (eksantrik mili 4 zamanlı motorlarda bulunan krank milinin işini yapmaktadır).

Döner piston; eksantrik mili üzerinde döner. Eksantrik 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 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, eksantrik mili vasıtası ile vites kutusuna geçer. Döner pistonun içindeki dişliler, eksantrik mili üzerindeki dişlilerle birlikte döner. Resim 3.2’de rotor gösterilmektedir.



Resim 3.2: Rotor yandan ve önden görünüşü

Pistonla gövde arasındaki izafi hareket reduksiyon oranı $2/3$ olan bir çift iç ve dış dişli ile temin edilmektedir. Resim 3.2’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 3.3’te Wankel motorunun komple parçaları gösterilmektedir.



Resim 3.3: 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 3.4: Wankel Motorunun Kesit Resmi

3.2. 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:

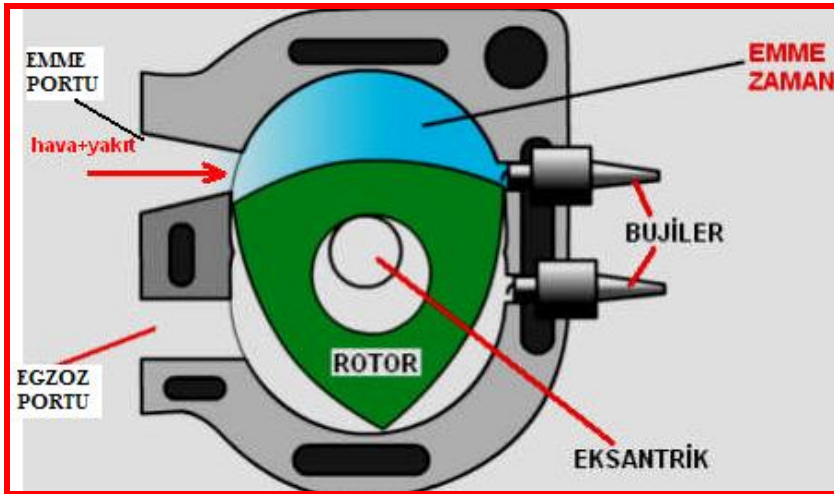
1. ZAMAN	EMME
2. ZAMAN	KOMPRESYON (SIKIŞTIRMA)
3. ZAMAN	ATEŞLEME (İŞ)
4. ZAMAN	EGZOZ

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 edilebilmektedir.

3.2.1. Emme Zamanı

İçten yanmalı motorlarda olduğu gibi emme zamanında hava yakıt karışımı silindir içerisine emme portundan alınır.

Şekil 3.1'de emme zamanı görülmektedir.

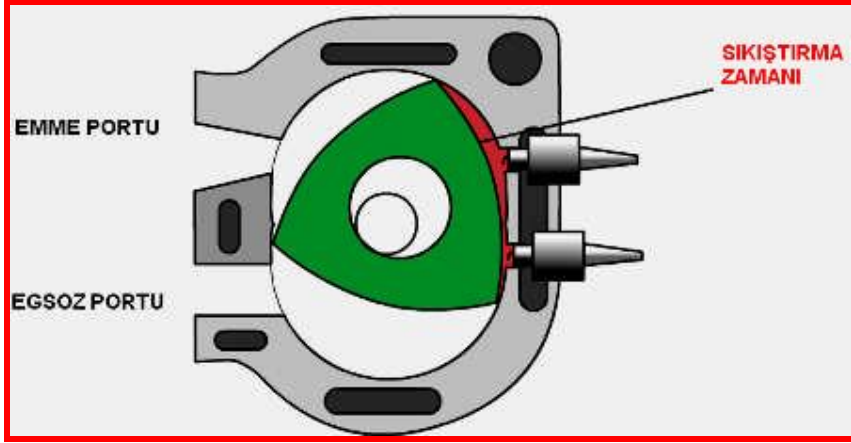


Şekil 3.1: Emme Zamanı

3.2.2.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 3.2’de hava-yakıt karışımının sıkıştırma zamanı görülmektedir.

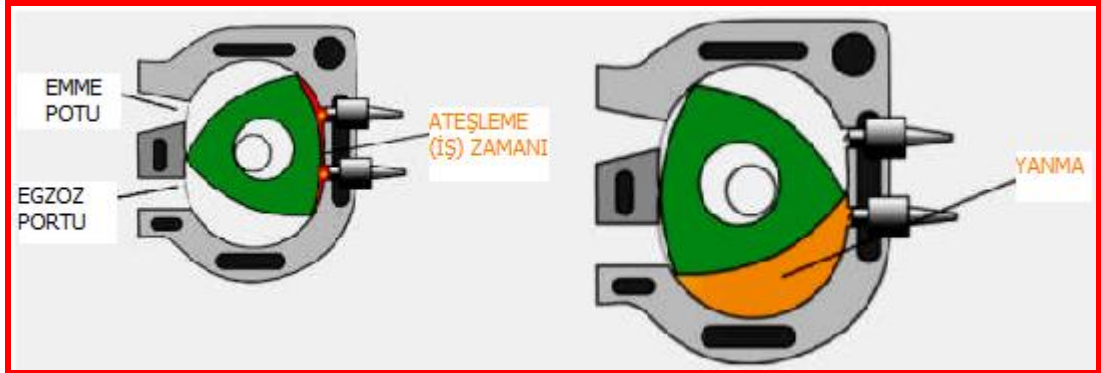


Şekil 3.2: Sıkıştırma Zamanı

3.2.3 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.

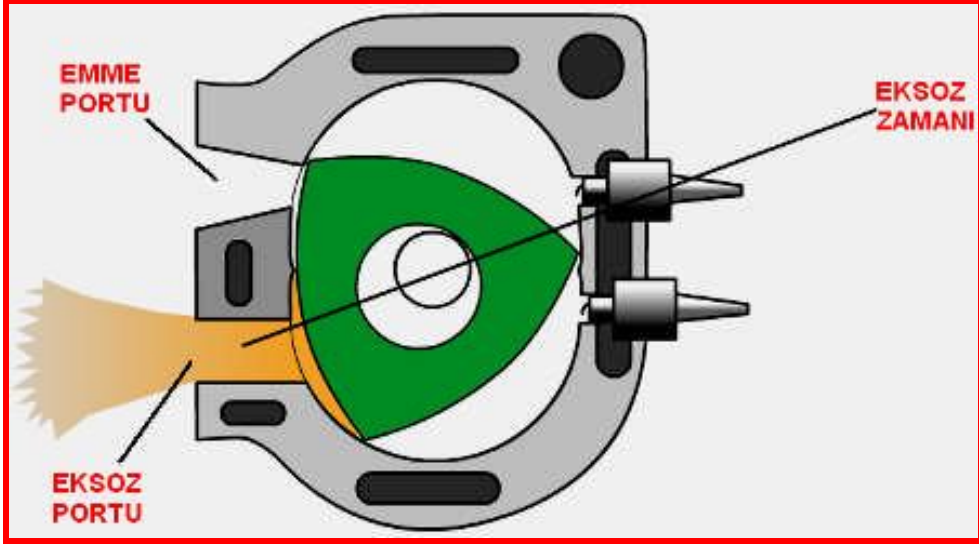
Şekil 3.3’te ateşleme zamanı ve motor içerisindeki yanma olayı görülmektedir.



Şekil 3.3: Ateşleme (İş) Zamanı

3.2.4. 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 3.4: Egzoz Zamanı

3.3. 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 civatarlarla 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 hücreinde iki kademe 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 sebep 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 hücrei daha küçüktür. Böylece ateşleme hücreinin birinci kısmında başlayan yanma, ikinci kısımda daha dar bir ateşleme hücreine girince yanma basıncı daha yüksek bir değere çıkar ve bu anda alev dalgası türbülans şekilde 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.

3.4.Wankel Motorun Karakteristikleri

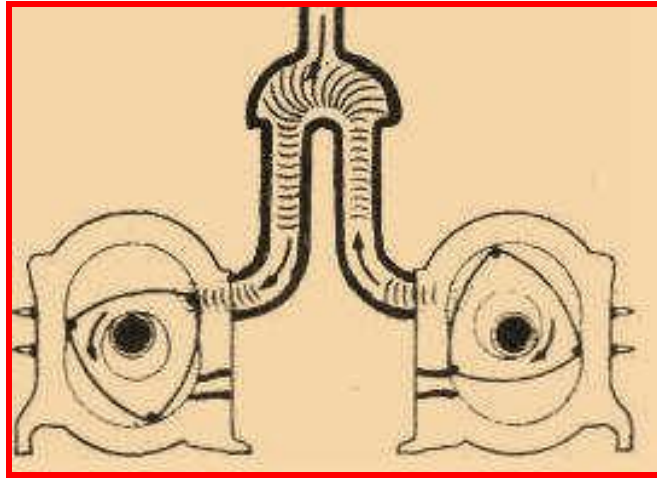
Wankel motorlar hız, tork, performans gibi karakteristikler yönünden, içten yanmalı motorlarla karşılaştırıldığında birçok üstünlüğe sahiptir. Çünkü bu motorların ağırlıkları daha az ve direkt olarak dairesel hareket üretilmektedir. Bu sebeple motor milinden az yakıtla daha çok güç alınabilmektedir.

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 3.5: 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

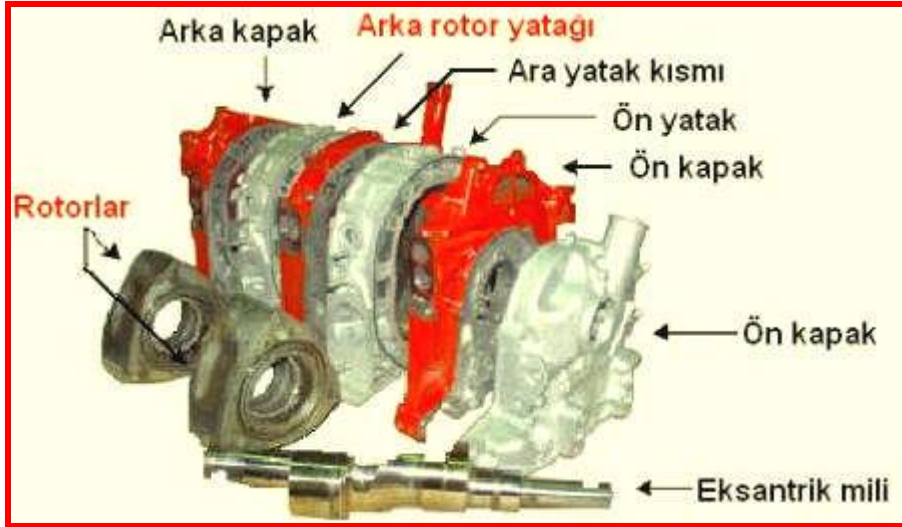
yüzey alanı ortaya çıkan ısıyı dağıtmaktadır. Wankel emme, kompresyon, genişleme ve egzoz bölgelerinin birbirinden farklı olması sonucu hidrojenin hızlı hareket eden alevi hiçbir problem yaratmamaktadır. Wankel motoru ile hidrojen yakıtının birbirine çok uygun olduğunu düşünülmektedir. Wankel motor, hidrojen kullanımına yatkındır.

3.5. Wankel Motorların Bakımları

Bu motorlar, geçmiş yıllarda sadece iki araç modelinde kullanıldıktan sonra engellenemeyen dezavantajları yüzünden üretimden kaldırılmıştır. Bu zorlukların en önemlisi, ateşleme odasının 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 hücreğine 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 3.5'te bir Wankel motorun sökülmüş halde parçaları görülmektedir.



Resim 3.5: Wankel Motorun Sökülmüş Halde Parçaları

UYGULAMA FAALİYETİ

Aşağıda verilen işlem basamaklarını takip ederek uygulama faaliyetini yapınız.

İşlem Basamakları	Öneriler
➤ Wankel motorun özelliklerini dikkatlice inceleyiniz.	➤ Modül kitapçığından ve internet sitelerinden konuyla ilgili araştırma yapınız.
➤ Wankel motorun egzoz emüsyon değerlerini inceleyiniz.	➤ Atölyede motoru çalıştırınız ve emüsyon 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 VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyarak doğru seçeneği işaretleyiniz.

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°

Aşağıdaki cümlelerin başında boş bırakılan parantezlere, cümlelerde verilen bilgiler doğru ise D, yanlış ise Y yazınız.

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

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-4

AMAÇ

Elektrikli hybrid sisteminin bakım/onarımını yapabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

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

4. ELEKTRİKLİ HYBRİD MOTORLAR

Hybrid motorlarla ilgili ilk çalışmalar 20. yüzyılın başlarına 1905 yılına gitmektedir. Bir Amerikalı mühendis olan H. Piper; 23 Kasım 1905'te önce hybrid taşıtını bir patent için düzenledi. Taşıtı 10 saniyede 25 mile (40 km/h) ivmelenebilmiştir. Piper bugün standart hybrid 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 hybrid taşıtlarının üretilmesine önderlik etmiştir. Daha sonra petrol kaynaklarının azalması ve çevre kirliliğine karşı önlem alınmasıyla birlikte 1990'larda hybrid teknolojileri üzerinde temel çalışmalar başlatılmıştır. Halen tüm gelişmiş ülkelerde araştırmalar devam etmektedir.

4.1. Elektrikli Hybrid Motorların Çalışma Prensipleri

Elektrikli taşıtların menzillerinin kısa oluşu hybrid 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 kullanılabilirdiği gibi; gaz türbini veya jeneratör de kullanılabilir. İçten yanmalı motor genellikle taşıt üzerindeki aküleri şarj etmek için kullanılmaktadır. Ayrıca şehir içi kullanımlarda düşük hızlarda ve daha az egzoz emüsyonu sağlamak için elektrik motoru ile hareket edilirken, yüksek hızlarda ve şehir dışı mekânlarda içten yanmalı motorla hareket sağlanmaktadır. Şekil 4.1 ve 4.2'de elektrikli hybrid 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 hybrid taşıt adı

verilmektedir. Ancak hybrid tahrikli taşıtlar; elektrikli taşıtın bazı dezavantajlarını azaltmak amacıyla elektrikli taşıta geçiş aşaması olarak düşünülmüş ve geliştirme aşamasında olup, yardımcı güç ünitesinin (içten yanmalı motor) emüsyonlarının azaltılmasına çalışılmaktadır.

SABİT DURUMDA
(Kırmızı ışıktadır)

Benzinli motor devre dışı ve yakıt tüketimi sıfır.

ÇALIŞTIRMA VE HIZLANMADA

Benzinli motor, elektrik motoru desteği ile düşük hız modunda çalışıyor.

ANİ HIZLANMADA

Benzinli motor elektrik motor desteği ile yüksek hız modunda çalışıyor.

DÜŞÜK HIZDA SEYİR

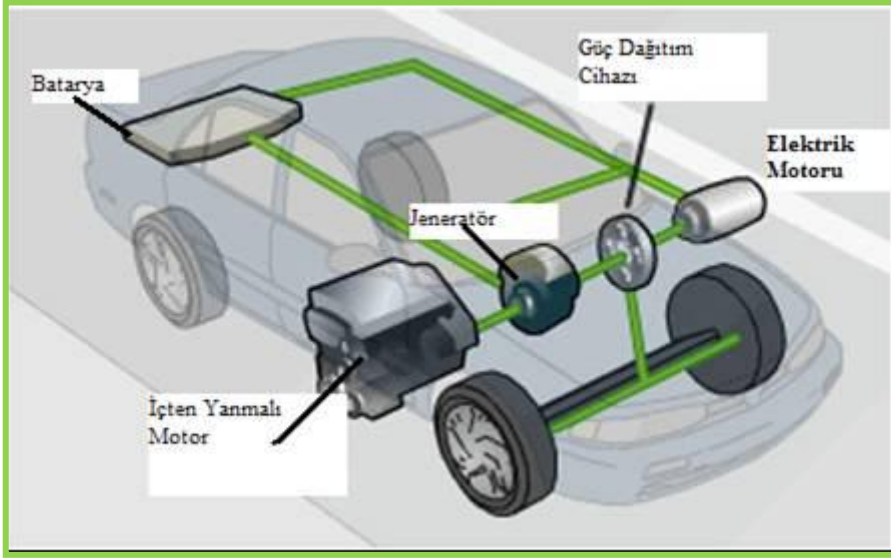
Benzinli motor çalışmıyor. Araç sadece elektrik motoru ile çalışıyor

KADEMELİ HIZLANMA VE YÜKSEK HIZDA SEYİR

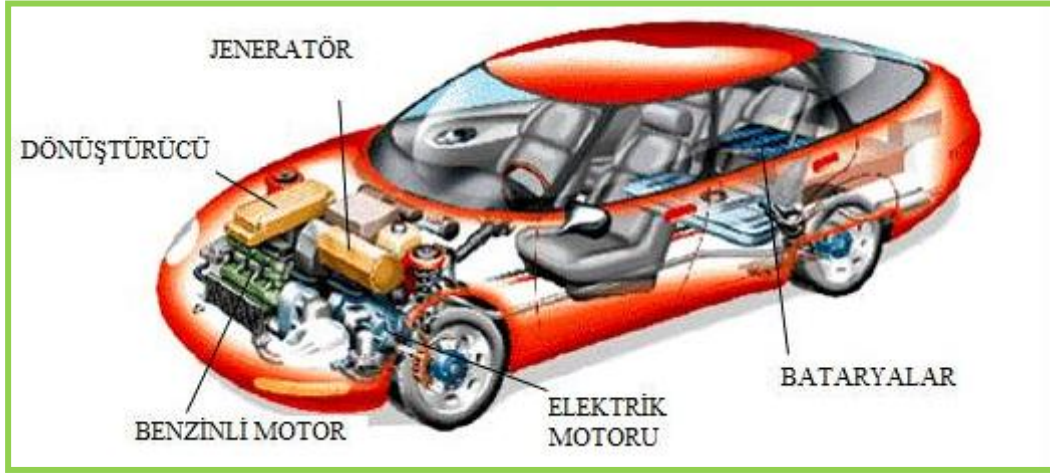
Benzinli motor düşük hız modunda çalışıyor

FRENLEMEDE

Benzinli motor çalışmıyor. Elektrik motoru hızlanma sırasında açığa çıkan enerjiyi maksimum oranda geri kazanıyor ve aküde depoluyor.



Şekil 4.1: Hybrid Taşıtın Genel Yapısı



Şekil 4.2: Hybrid Bir Taşıt

4.2. Elektrikli Hybrid Motorların Avantaj ve Dezavantajları

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

Elektrikli hybrid motorun avantajlarını şu şekilde sıralayabiliriz;

- Çevreyi daha az kirletir, yani egzoz emüsyonu 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 hybrid 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.

4.3. Elektrikli Hybrid Motorların Türleri

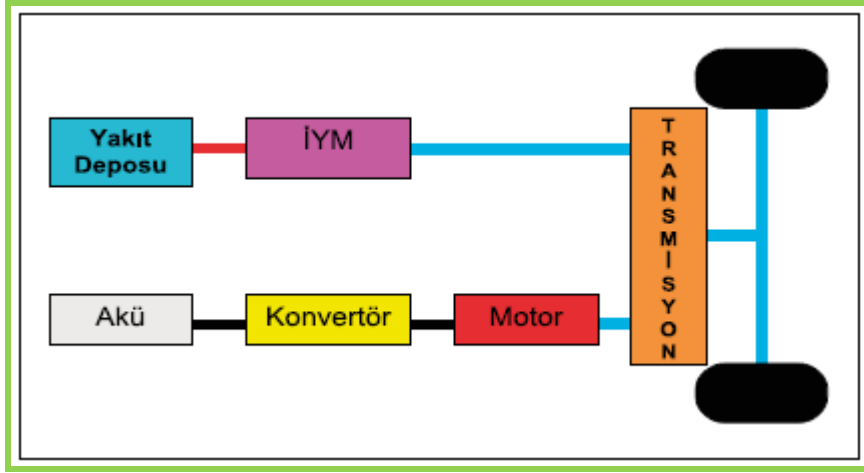
Bu sistemde tahrik için kullanılan elektrik motoru ile içten yanmalı motorun birbiri ile bağlantı şekline göre paralel hybrid tahrik sistemi, seri hybrid tahrik sistemi ve Kompleks Seri-Paralel Hibrit Elektrikli Araç olarak üçe ayrılır.

4.3.1. Paralel Hybrid Tahrik Sistemi

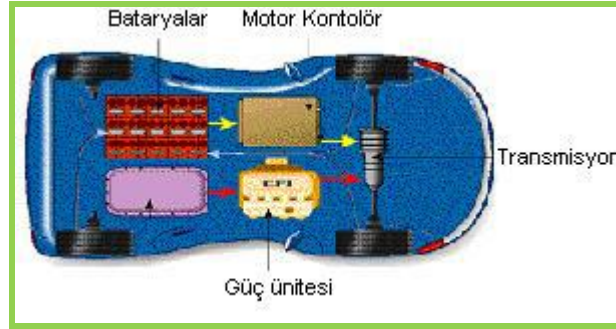
Bu tür araçlarda elektrik motoru ve içten yanmalı motor (İYM) bir debriyaj üzerinden diferansiyeli ortak olarak beslerler. İstendiğinde yalnızca elektrik motoru, istendiğinde yalnızca benzin veya dizel motor çalıştırılıp mekanik enerji tekerlekleri çevirebilir. Şehir içinde sık sık dur-kalk yapılan yerlerde yalnızca elektrik motoru kullanılarak gürültü ve egzoz yayılımı yok edilir. Hızlı sürüş yapılan kırsal alanlarda veya yokuş yukarı giderken ya da ani ivmelenme gereken durumlarda her iki motor birlikte aracı tahrik eder. Böylece birbirini yedekleyen ve destekleyen iki güç kaynağı elde edilmiş olur (Şekil 4.3 ve Şekil 4.4). Paralel hybrid elektrikli araç, enerji geri kazanımlı frenleme özelliğine sahiptir. Buna rağmen

olumsuz sürüş koşullarının devam etmesi halinde akünün dışarıdan şarj edilmesi gerekmektedir. Bu olumsuz özelliği gideren topoloji seri-paralel tahrik sistemidir.

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



Şekil 4.3: Paralel Hybrid Sistemleri



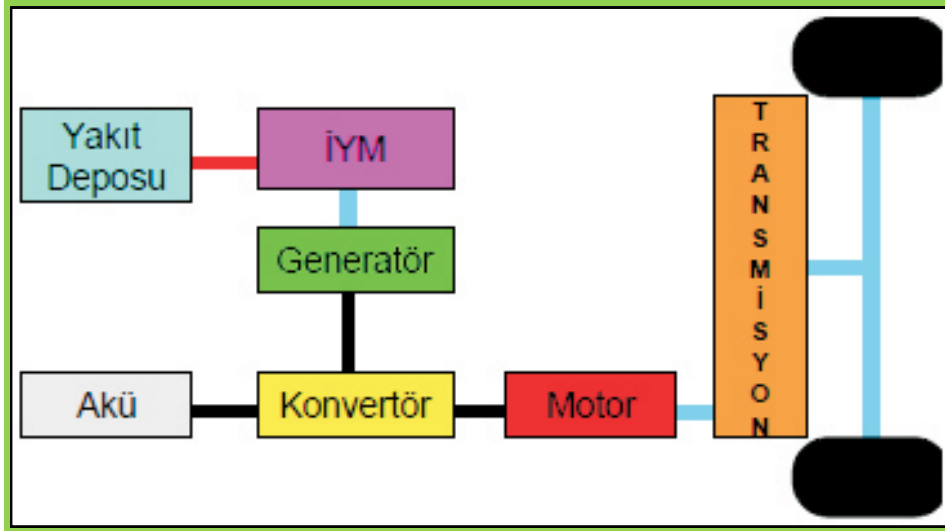
Şekil 4.4: Paralel Hybrid Sistemin Yerleşimi

4.3.2. Seri Hybrid Tahrik Sistemleri

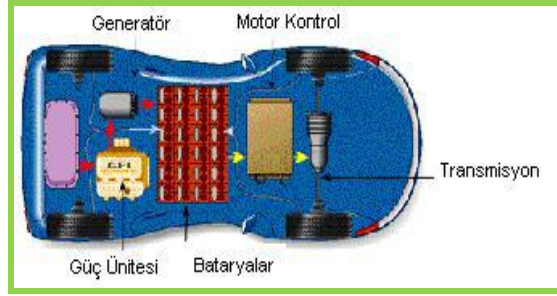
Paralel motorda elektrik motoru, jeneratör görevi yaparak aküyü şarj eder. Paralel sistem, bunun yanı sıra jeneratör olmadığı için ağırlık ve maliyet yönünden de avantajlıdır. Ayrıca paralel sistemde içten yanmalı motordan alınan tahrik gücü direkt tahrik aksına iletiildiğinden enerji kaybı ve yakıt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

Seri hybrid 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 emüsyon 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 hybridin yapısı, Elektrikli Aracın (EA) yapısına en yakın durumdur (Şekil 4.5 ve Şekil 4.6). Tek farklılık elektrik enerjisinin İçten Yanmalı Motor (İYM) tarafından döndürülen bir jeneratör tarafından araç üzerinde üretiliyor olmasıdır. Araç hızlanırken veya düz yolda giderken elektrik makinesi motor olarak tekerlekleri çevirmekte, akü dolu ise enerjisini aküden almakta, eğer akü boş ise içten yanmalı motor çalışarak jeneratör üzerinden aküyü doldurmaktadır. Böylece, akünün dışarıdan doldurulma ihtiyacı ortadan kalkmaktadır. Aracın frenlenmesi tıpkı elektrikli türünde olduğu gibi enerji geri kazanımlı frenleme yoluyla yapılmakta, böylece önemli ölçüde enerji tasarrufu sağlanmaktadır. Bu yapının bir diğer avantajı içten yanmalı motorun sürekli olarak en verimli olduğu hızda çalıştırılmasıdır. Seri hybrid elektrikli araç uygulamasına Türkiye'den bir örnek de, TOFAŞ için TÜBİTAK MAM tarafından yapılan Doblo ELİT-1 projesidir.



Şekil 4.5: Seri Hybrid Sistemleri



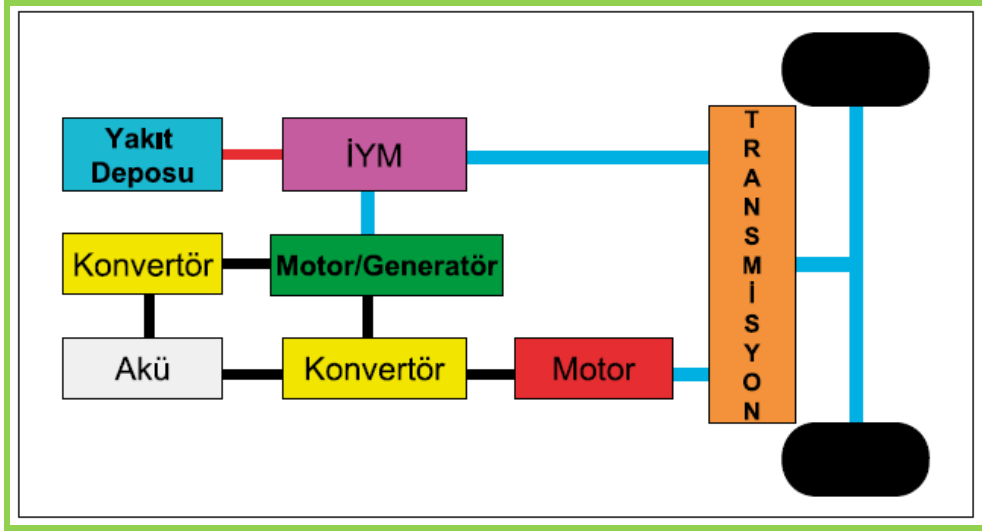
Şekil 4.6: Seri Hybrid Sistemin Yerleşimi

Seri hybrid 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 4.5 ve şekil 4.6'da seri hybrid düzeneği ve içten yanmalı motorla birleştirme şekilleri görülmektedir.

4.3.3. Kompleks (Karışık) Hybrid Elektrikli Araç

Bu sisteme karışık hybrid denmesinin nedeni seri paralel sistemde kullanılan jeneratörün yerine gerektiğinde motor gerektiğinde jeneratör olarak çalışan bir elektrik makinesiyle değiştirilmiş olmasıdır. Şekil 4.7'de gösterilen bu sistem, seri-paralel hybrid sistemin tüm avantajlarını bünyesinde bulundurmaktadır. Yani büyük güç gerektiğinde elektrik motoru ve IYM birlikte tekerlekleri döndürmekte, sessiz ve temiz çalışma gerektiğinde yalnızca elektrik motoru ile sürüş sağlanmakta, akü devamlı olarak içten yanmalı motor desteği ile üretilen elektrik enerjisi ile doldurulabilmektedir. Bunlara ek olarak, iki sistem arasında bulunan elektrik makinesi motor olarak çalıştırılıp IYM için marş görevi de görebilmektedir. Bugün piyasada satılmakta olan hybrid elektrikli araçların başlıcaları olan Toyota Prius ve Honda Civic bu tür karışık hybrid elektrikli araçlardır.

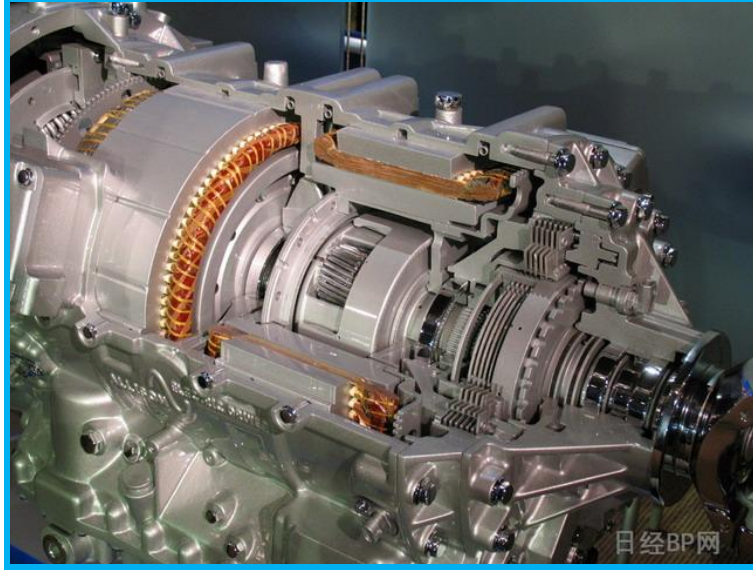


Şekil 4.7: Kompleks (Karışık) Hybrid Elektrikli Araç

4.4. Elektrikli Hybrid Taşıtlarda Kullanılan Elektrik Motor Tipleri

Dinamizm ile verimliliği birleştirip sürüş durumuna ve isteğe göre tahrik motoru, alternatör veya marş motoru olarak görev yapar. 54HP gücünde olan bir dinamo 210 Nm azami tor üretebilir. Paralel Hybrid Sistemde, Hafif bir elektrik motoru, ayarlanabilir bir kavrama vasıtasıyla krank miline bağlanır. Sonuç olarak da, hemen hemen tüm sürüş koşullarında etkileyici bir kalkış ve hızlanma performansı elde edilir.

Resim 4.1’de Hybrid Araç Elektrik Motorunun kesit resmi görülmektedir.



Resim 4.1: Hybrid Araç Elektrik Motoru

4.4.1 Yüzey Mıknatıslı Fırçasız Doğru Akım Makineleri

Otomotiv tahrik sistemlerindeki elektrik makinelerinde mıknatıs olarak NdFeB yaygın olarak kullanılmaktadır. Manyetik alan, mıknatıs tarafından sağlandığı için bu makinelerin verimleri yüksektir. Mıknatısların yerleştirilişi itibariyle, mıknatıslar dış rotorda veya iç rotorda olmak üzere başlıca iki turu bulunmaktadır. Resim 4.2’de Honda tarafından kullanılan ve içten yanmalı motor miline doğrudan bağlanan dış rotorlu yapı ve benzer teknikte Mekatro tarafından geliştirilen mıknatıslı elektrik makinesinin stator ve rotoru gösterilmiştir. Son yıllarda mıknatıs fiyatları çok artmıştır. Neredeyse tamamen Çin’den temin edilmektedir. Bu durum bir risk faktörü oluşturmaktadır.



Resim 4.2: Yüzey Mıknatıslı Fırçasız Doğru Akım Makinesi

4.4.2 Gömülü Mıknatıslı Senkron Makineler

Mıknatısların motor içersine uygun biçimde gömülmesiyle birlikte elektrik motorunun çok yüksek hızlara çıkması sağlandığı gibi, manyetik alanın kontrolü de özellik değiştirir ve elektrik makinesi senkron makine ismini alır. Günümüzün elektrikli araçlarının büyük kısmında bu tür elektrik makineleri tercih edilmektedir.

4.4.3. Üç Fazlı Asenkron Makineler

Asenkron makinelerde yalnızca demir ve bakır bulunur. İmalatı kolay ve maliyeti düşüktür. Mıknatısı olmayan bir elektrik makinesi olduğu için, malzemenin teminindeki risk faktörü de düşüktür. Endüksiyon prensibiyle çalıştığı için kontrolü, mıknatıslı motorlara göre daha karmaşıktır. Kontrol elektroniğinin donanım ve yazılımındaki gelişmeler, bu karmaşıklığın üstesinden gelmektedir. Tesla Roadster elektrikli otomobillerde ve Fiat Fiorino' nun elektrikli modelinde asenkron motor tahrik sistemi kullanılmaktadır.

4.5. Elektrikli Hybrid Taşıtlarda Kullanılan Aküler

Genel olarak EA' larda kullanılacak bataryaların spesifik güç (W/kg), spesifik enerji (Wh/kg) seviyelerinin yüksek, uzun ömürlü ve düşük maliyetli olması gereklidir. Ancak bu özelliklerin tümünü bir arada barındıran mükemmel batarya bulunmamaktadır. Hybrid elektrikli araçta kullanılacak bataryalar, araçta kullanılan enerji yönetim sistemi ve araç konfigürasyonuna göre seçilmelidir.

Resim 4.3 Hybrit Elektrikli Araç Bataryası görülmektedir.



Resim 4.3: Hybrit Elektrikli Araç Bataryası

4.5.1 Kurşun-Asit Batarya

Tüm içten yanmalı motorlarda ilk hareket bataryası olarak kullanılan düşük maliyet versiyonları negatif kurşun elektrotu, pozitif kurşun dioksit elektrotu ve de sülfürik asit elektrolit çözeltisinden oluşmaktadır. Genelde 6 tane hücre yaklaşık 12 voltu sağlamak için seri bir şekilde bağlanır.

Bu batarya 100 yıllık bir gelişme süreci geçirmesine rağmen 25-35 Wh/kg gibi düşük bir enerji yoğunluğuna sahiptir. Buna karşın güç yoğunluğu ise 150 W/kg gibi yüksek bir değerdir.

Kurşun asit bataryaları düşük çevre sıcaklıklarından şiddetli bir şekilde etkilenmektedir. Özellikle 10°C'nin altındaki çalışma koşullarında hem enerji hem de güç yoğunluğunda belirgin ölçüde düşüş görülür. Bu batarya tipini kullanan elektrikli araçların daha düşük ortam sıcaklıklarına maruz kalması durumunda yardımcı bir batarya ısıtmasına ve izolasyonuna ihtiyaç duyulur.

Kurşun asit bataryalarının ömrü yaklaşık %80 derin deşarj koşulunda 1000 çevrimdir. Bu yaklaşık 3 yıla tekabül etmektedir.

4.5.2 Nikel-Demir Batarya

Nikel demir bataryaları 1901 yılında Thomas Edison tarafından elektrik araçlarının daha uzun yol kat edebilmesi amacıyla geliştirilmiştir. Nikel demir bataryaları güvenilir, uzun ömürlü, fakat pahalı bir sekonder bataryadır.

Bataryada nikel pozitif elektrot, demir negatif elektrot ve potasyum hidroksit ise sıvı elektrolittir.

Süre gelen geliştirme çalışmaları sayesinde enerji yoğunluğu 50 Wh/kg'a mertebesine ulaşmıştır. Bu gelişme aktif malzeme oranının artırılması ve pasif batarya bileşenlerinin ağırlıklarının azaltılması ile sağlanmıştır.

Resim 4.4'te Nikel Metal Hybrid Aküsü görülmektedir.



Resim 4.4: Nikel Metal Hybrid Aküsü

Nikel demir bataryalar -20°C 'de dahi nispeten performanslarını korumaktadır. Azami güç yoğunluğu 100 W/kg'dır ve bu değer ivmelenme için iyi bir değerdir. Bununla beraber

güç yoğunluğu deşarjın derinliği ile önemli bir biçimde etkilenir. Bu bataryaların yaklaşık 6 yıla karşılık gelen, 2000 derin deşarj çevrimine kadar kullanım ömrü vardır.

4.5.3 Nikel-Çinko Batarya

Şarj edilebilen nikel çinko bataryalar ilk olarak 1899 yılında icat edilmiştir. Şarj esnasında çinko plakanın üzerinde dendritler kullanım ömrünü kısalttığından, bu bataryalar kullanımı yaygınlaşmamıştır. Son dönemde yüksek güç ve enerji yoğunluğu sayesinde elektrikli araçlarda kullanım imkanı doğmuştur. Enerji yoğunluğu 70 Wh/kg ve güç yoğunluğu 150 W/kg olmasına rağmen bu bataryalarda temel problem dendrit oluşumu nedeniyle kullanım ömrünün 300 çevrim kadar kısa olmasıdır.

Bataryanın geniş bir çalışma sıcaklığı toleransı vardır (-39 ile +81°C arası). 30 günlük kullanım sonrası % 60 şarj azalması görülmektedir. Son zamanlarda bataryaların ömürlerinin uzatılabilmesi için bazı çalışmalar yapılmasına karşın nikel-çinko bataryaların gelişimi konusundaki araştırmaların yoğunluğu gittikçe azalmaktadır.

4.5.4 Nikel Kadmiyum Batarya

Son yıllarda nikel-kadmiyum (NiCd) bataryalar özgül enerji, özgül güç, çevrim ömrü ve güvenilirlik bakımından en iyi dengeyi sağlayan bataryalar olarak kabul edilmektedir.

Nikel kadmiyum batarya sinterlenmiş pozitif nikel elektrot, negatif kadmiyum elektrot ve sulu elektrolit olarak potasyum hidroksitden oluşmuştur. Nikel kadmiyum bataryaları kurşun asit bataryalarına göre birim ağırlık başına bir miktar daha fazla enerji depolamaktadır. Bataryanın enerji yoğunluğu 50 Wh/kg ve güç yoğunluğu 200 W/kg'dır. Bu bataryalar yüksek şarj ve deşarj oranlarına sahip olduklarından EA'larda kullanılabilir. Derin deşarj çevrim sayısı 2000 civarındadır.

Kadmiyumun toksik ve çevreye zararlı olmasından dolayı, nikel-kadmiyum bataryaların geri kazanımı oldukça önemli ve bir o kadarda karmaşıktır. Çevreye verdikleri zarardan dolayı kullanımları durdurulmuştur.

4.5.5 Nikel-Metal Hidrür Batarya

Nikel-metal hidrür (NiMH) bataryalar, toksik özelliği olmayıp daha iyi performansa sahip olduklarından son zamanlarda birçok elektrikli araç uygulamalarında nikel kadmiyum bataryanın yerini almıştır. NiMH, nikel kadmiyum bataryalara göre daha fazla enerji depolamaktadır. Batarya, metal hidrür karışımı olan negatif elektrot, potasyum hidroksit elektroliti ve de aktif malzemesi nikel hidroksit olan pozitif elektrottan oluşmaktadır. Negatif elektrot olarak hidrojen içeren metal alaşım kullanılır. Hidrojen içeren metal alaşımları iki kategoriye ayrılmaktadır:

- AB₅ alaşımları; nikel bileşikleri

- AB_2 alaşımları; titanyum vanadyum ve zirkonyum alaşımlı nikel bileşikleri.

NiMH bataryası 70 Wh/kg'dan fazla enerji yoğunluğuna ve 200 W/kg dan daha fazla güç yoğunluğuna sahiptir. Batarya %80 derin deşarj durumunda 600'ün üzerinde tam şarj/deşarj çevrimine sahiptir ve hızlı bir şekilde % 80 tekrar şarj olması yaklaşık 35 dakikadır. NiMH bataryalar, kurşun asit bataryalardan yaklaşık 5 katı kadar daha pahalıdır.

4.5.6 Sodyum-Sülfür Batarya

Sodyum sülfür batarya, ilk olarak 1960'li yıllarda Ford Araştırma laboratuvarında elektrikli taşıtlar için gerekli enerji ve güç yoğunluğunu sağlamak için geliştirilmiştir. Birçok Avrupa, Amerika ve Japon şirketinde ticari prototiplerde kullanılmaktadır. Batarya negatif sodyum elektrotundan ve pozitif sülfür elektrotundan oluşmaktadır. Batarya yüksek sıcaklıklarda (350°C) çalışmaktadır ve her iki elektrot bileşenleri de sıvı durumdadır.

Sodyum sülfür bataryalar, 110 Wh/kg gibi yüksek enerji yoğunluğu ile 150 W/kg gibi yüksek güç yoğunluğu ve 1000 derin deşarj çevrimi sağlamaktadır. Bataryanın optimum çalışma sıcaklığı 350°C'dir ve 200°C'nin altında çalışması durmaktadır. Bu sıcaklığın altında sodyum elektrolit donmaktadır. Sodyumun donması reaksiyonu yavaşlatarak, mekanik gerilmelere yol açması nedeniyle bataryaya zarar vermektedir.

4.5.7 Sodyum-Nikel Klorür Batarya

Sodyum-nikel klorür bataryasında, nikel klorür pozitif elektrot sodyum ise negatif elektrotur. Sodyum tuzu elektroliti yerine sodyum klorür elektrotu yer almaktadır. Bu elektrodun donma noktası daha düşük olup 160 °C civarındadır.

Bu batarya türü, sodyum sülfür bataryasına göre bir miktar düşük sıcaklıklarda çalışmakta (300 °C) olup, benzer enerji (100 Wh/kg) ve azami güç yoğunluğuna (150 W/kg) sahiptir.

4.5.8 Lityum-Demir Sülfat Batarya

Elektrikli taşıtlarda potansiyel kullanım alanı bulunan üçüncü yüksek sıcaklık bataryasıdır. Lityum, özellikle üstün enerji depolama yeteneği sağlayan yüksek elektrot potansiyeline sahip olmasından dolayı bataryalarda kullanılması uygundur.

Bataryanın demir sülfat pozitif elektrotu ve alüminyum lityum negatif elektrotu vardır. Çalışma sıcaklıkları 450°C civarındadır. Azami enerji yoğunluğu 150 Wh/kg, güç yoğunluğu 300 W/kg ve derin deşarj çevrimi 1000 mertebesindedir.

4.5.9 Lityum-Katı Polimer Batarya

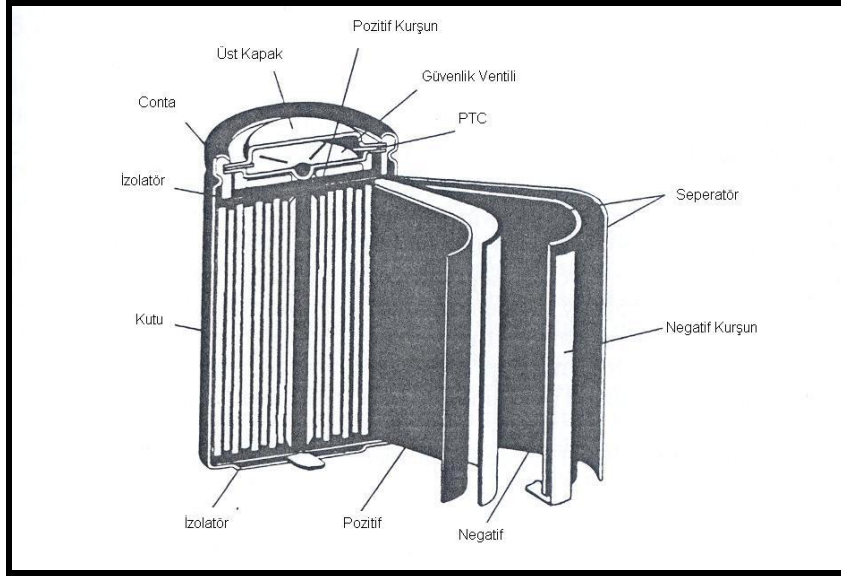
Lityum-katı polimer bataryada diğer yüksek sıcaklık bataryalarından farklı olarak, ergimiş tuz elektroliti yerine iletken polimerler kullanılmaktadır. 150 Wh/kg enerji ve 300 W/kg güç yoğunluğuna sahiptir. Bataryanın düşük güçte dış ortam sıcaklıklarında çalışması mümkün olmakla birlikte, optimum çalışma sıcaklığı 80°C ve 120°C aralığındadır.

4.5.10 Lityum-İyon Batarya

Lityum-iyon hücrelerin yapısı lityum-katı polimer batarya hücrelerine benzemektedir. Ancak negatif lityum metal plaka yerine grafit veya kalay oksit gibi negatif “host” kullanılmasıdır. Deşarj esnasında lityum iyonları negatif “host”tan organik elektrot yardımıyla manganez, kobalt ya da nikel oksit pozitif “host”a geçer. Şarj esnasında da tam tersi proses gerçekleşir. Lityum iyonları katot ve anot arasında sarkaç gibi hareket eder. Lityum-iyon bataryalar yaklaşık 120 Wh/kg enerji yoğunluğuna ve 1000 çevrimlik derin deşarj çevrimine sahiptirler. Bu bataryalar, %80 şarj durumuna 1 saatten daha kısa sürede tekrar şarj edilebilmektedir.

Bu bataryayı, elektrikli araç uygulamalarında kullanılabilecek maliyet ve özelliklere getirebilmek için Japonya (Sony ve Panasonic), Avrupa (SAFT ve Varta) ve ABD’de (Duracell) çeşitli çalışmalar sürdürülmektedir. Sony, 3500 derin deşarj çevrimli 35 kWh kapasite ve 120 Wh/kg enerji yoğunluğuna sahip bir lityum-iyon batarya yaptığını bildirmiştir.

Lityum-katı polimer bataryalar ve lityum-iyon bataryalar yüksek enerji yoğunlukları nedeniyle, elektrikli araç uygulamaları için en uygun potansiyele sahip bataryalar olarak değerlendirilmektedir. Gelecek 15-20 yıl içinde lityum-iyon bataryanın henüz yüksek olan maliyetlerinin düşerek EA’larda kullanılabilecek ekonomik seviyeye inebileceği öngörülmektedir. Şekil 4.11’de lityum-iyon bataryanın şematik şekli görülmektedir.



Şekil 4.8: Lityum-iyon hücrenin yapısı

4.6. Elektrikli Hybrid Araçların Değerlendirilmesi

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

Akünün fiziksel durumu belirleyen parametreler:	Taşıt çalışma koşullarını belirleyen parametreler
Akü sıcaklığı	Taşıt toplam ağırlığı
Akünün şarj durumu	Taşıt toplam hızı
Akü özgül yoğunluğu, toplam akü ağırlığına oranı, yani güç yoğunluğu	Taşıtın rüzgâr direnç kat sayısına bağlı olarak incelenmesi
	Taşıtın kaç kere durup-kalktığı
	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 emüsyona geçiş taşıtları (Transitional low –emission vehicle, TLEV)
- Düşük emüsyon oluşturan taşıtlar (Low emission vehicle, LEV)
- Çok düşük emüsyon oluşturan taşıtlar (Ultra low – emission vehicle, ULEV)
- Sıfır emüsyonlu taşıtlar (Zero emission vehicle, ZEV)

Tablo 4.1'de normal dizel taşıtlarla hybrid dizel taşıdın egzoz emüsyon değerleri görülmektedir.

Dışarı Atılan Gazlar	NOx	CO	HC
Standart Dizel Taşıtlar	0,9 g/km	0,9g/km	0,18 g/km
Hybrid Dizel Taşıtlar	0,22g/km	0,4g/km	0,1 g/km

Tablo 4.1: Dizel taşıtlarla hybrid taşıtların emüsyon değerleri

4.6.1. Hybrid 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 4.2'de benzinli, elektrikli ve hybrid motorlu taşıtların ivmelenme yakıt tüketimleri ve diğer özelliklerinin karşılaştırılmaları görülmektedir. Burada hybrid taşıtların 0'dan 100 km/h'ye ve 400 m'yi kaç saniyede aldığı belirtilmektedir.

ÖZELLİKLER	Elektrik Motoru	İçten Yanmalı Benzinli Motor	Hybrid Motor
Yük (kg.)	136	363	240
Motor gücü (HP)	30	70	72
Bir dolun 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

Tablo 4.2: Farklı Motorlara Sahip Taşıtların Teknik Özellikleri

4.6.2. Hybrid Taşıtların Verimi ve Yakıt Tüketimi

Günümüzde araçların 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 kullanır.

Alternatif motorlar klasik buji ile ateşlemeli motorlardan, hybrid güç freni verimlilik kazancını artırdığı için daha fazla verime sahiptir. Günümüzde hybrid motorlu araçların yakıt ekonomisi iki veya üç katına çıkarılarak taşıt yakıt ekonomisi önemli ölçüde artırılmıştır.

Hybrid taşıtlar çok düşük petrol tüketim seviyelerine sahiptir. M 85'te (%85 metanol ve %15 benzin) çalışan hybrid 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 hybrid 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, hybrid taşıtların ağırlığının azalması ile sağlanır ve bu sayede hybrid taşıtların egzoz emüsyonları daazaltılacaktır.

4.7. Örnek Bir Hybrid Taşıtın İncelenmesi

Gelişmiş bir elektrik motoru ile birleşik yüksek verimli benzinli motoru Toyota Prius'u hareket ettirecek gücü vermektedir. Sürüş şartlarına dayalı olarak biri ya da her ikisi yakıt verimini maksimuma ulaştırmak ve emüsyonları minimuma düşürmek için kullanılır. Toyota hybrid 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.



Resim 4.5: Hybrid Motorun Görünümü

Prius Plug-in hybrid, herhangi bir elektrik fişinden şarj edilebiliyor ve Toyota'nın lityum-ion pil ile çalışan ilk aracı. Buna ek olarak, artırılan pil kapasitesi sayesinde EV modunda (sadece elektrik gücü ile çalıştığı mod) daha uzun mesafe katedebiliyor. Araç, pilinin sadece elektrikle ilerlemeye izin vermediği orta ve uzun mesafelerde ise normal bir benzin ve elektrikle çalışan hybrid otomobil gibi çalışıyor. Böylece aracın kullanımı eksilen pil gücü veya pilin şarj edilmesi ile ilgili alt yapı eksikliği ile kısıtlanmıyor.



Resim 4.6: Hybrid Motorun Şarj Bağlantısı



Resim 4.7: Hybrid Motorun Şarj Aparatları

Yakıt verimliliği de artırılan Prius Plug-in Hybrid gibi plug-in hybrid araçların (PHV), normal hybrid araçlara oranla fosil yakıtların kullanımını, karbondioksit salımını ve atmosfere yayılan kirliliği de azaltması bekleniyor. PHV araçların performansı her bölgede farklı kural ve doğrulamalarla belirlenmektedir ancak Japonya'da 'Prius plug-in hybrid'in EV modunda dolu bir pil ile kat ettiği ortalama mesafe 23 km Hem EV hem de benzinli-

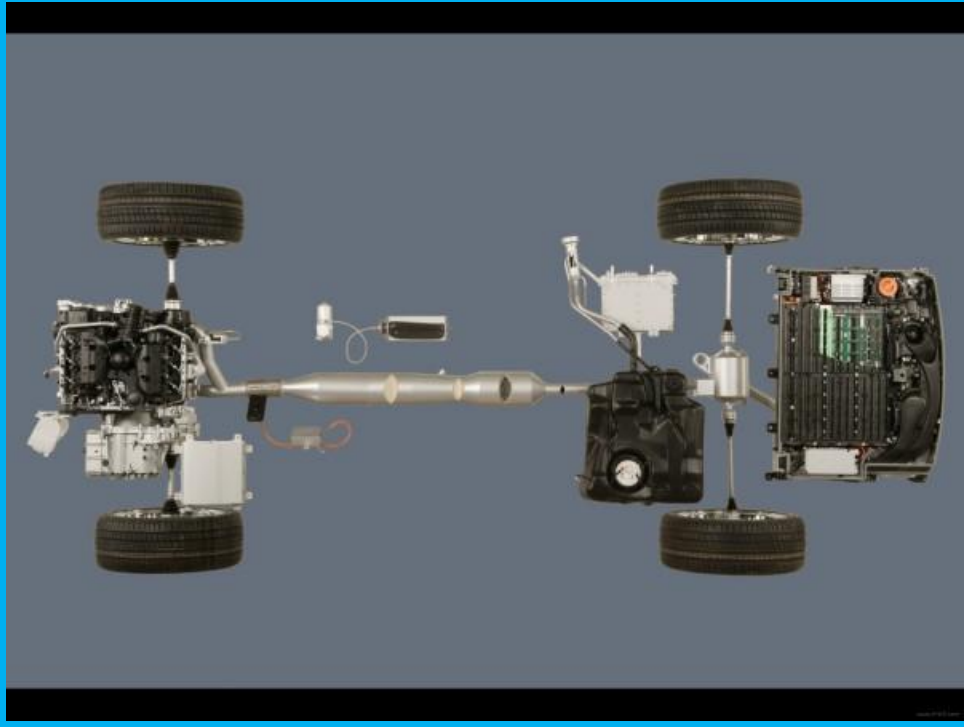
elektrik motoru ortak kullanıldığında ortalama yakıt verimliliği 57km/lt ve karbondioksit salımı 41g/km'dir (Bu sonuçlar Japonya Emlak, Altyapı, Ulaştırma ve Turizm Bakanlığı tarafından tasdik edilmiş JC08 Japonya test sürüşlerine dayanmaktadır).



Resim 4.8: Hybrid Motorun Şarj Göstergesi

Toyota, farklı enerji kaynaklarının kullanımı anlamında plug-in hybrid teknolojisinin büyük oranda çevreye duyarlı bir opsiyon olduğuna inanmaktadır. Bu nedenle Toyota, PHV araçların pazara sunulması ve teknolojisi hakkında bilincin artırılması için çalışıyor. 'Prius plug-in hybrid'in en kısa zamanda yaygın kullanımını sağlamak amacıyla Toyota, sürüşlerden elde edilen sonuçları analiz ederek 2014 yılına kadar on binler civarında bir satış rakamına ulaşmayı hedefliyor.

Toyota, benzin harici fosil yakıtların tüketimini ve karbondioksit salımını azaltmak için elektrik gibi farklı enerji kaynaklarının kullanılmasını destekliyor. Firma, benzin ve elektrikle çalışan hybrid araçlar konusundaki 12 yıllık deneyimine dayanarak, elektrik bağlantılı teknolojilerin geliştirilmesi konusunda pazara sunduğu "RAV4 EV (elektrikli araç)" SUV ve yakıt hücreli hybrid araç (Fuel Cell Hybrid Vehicle) kiralaması ile çalışmalarını hızlandırmaktadır.

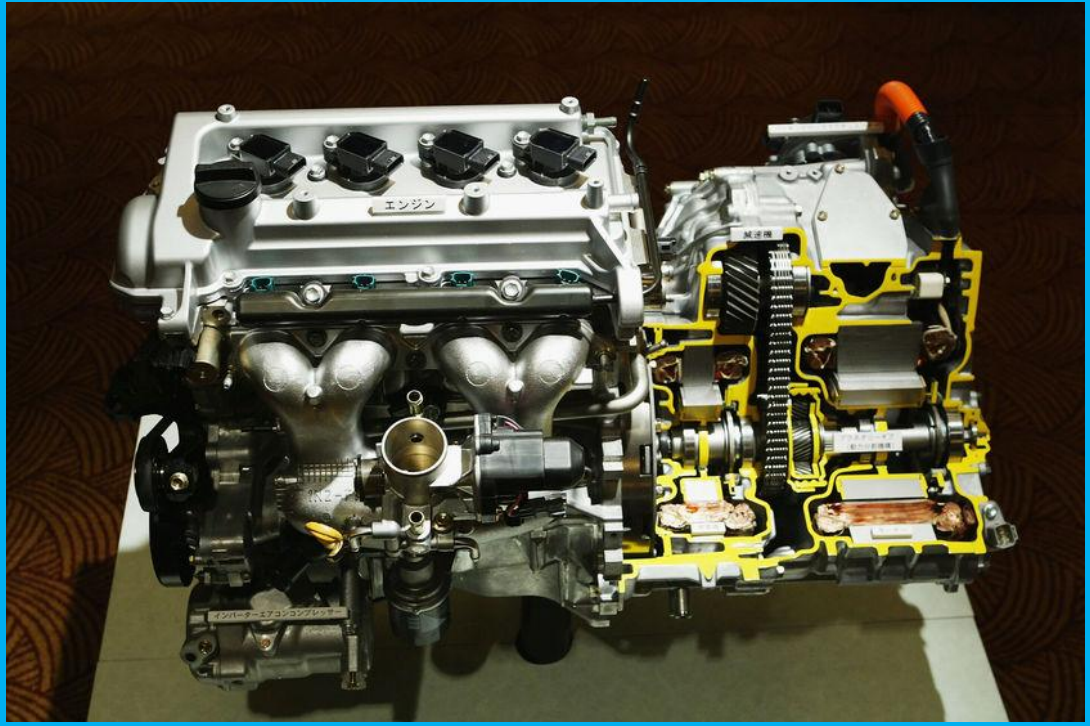


Resim 4.9 Hybrid Motorun Komple Görünümü

Sadece araç çalışma esnasındaki CO₂ salınımı dikkate alınmıştır. Pilin şarj edilmesi için kullanılan elektriğin üretilmesi esnasında ortaya çıkan CO₂ salınımı dâhil edilmemiştir.

Gerçek sürüş koşullarını daha iyi ortaya çıkaran yeni Japon test yöntemleri, daha önceki 10-15 test döngüsünden oluşan eski yöntemle göre biraz daha düşük yakıt tüketim değerleri vermektedir. Yakıt tüketim ve sürüş mesafeleri özel olarak belirlenen test koşullarından çıkan değerlerdir. Yakıt tüketim ve sürüş mesafesi değerleri sürüş koşulları ve şekilleri, özellikle de günlük sürüş mesafesi, pil şarj seviyesi ve klima kullanım durumuna göre belirgin olarak değişebilir.

Şu ana kadar düşük yakıt tüketimi, kullanım kolaylığı, konforu ve kalitesiyle Avrupalı kullanıcılardan çok olumlu geri bildirim alan 'Prius Plug-in Hybrid', normal bir elektrik prizinden 1.5 saatte şarj edilebiliyor. Daha da önemlisi menzil kaygısı olmadan ister benzin, ister elektrikle sürüş imkânı sunuyor. Prius Plug-in Hybrid, 100 kilometrede sadece 2.6 litre yakıt tüketirken, elektrikli kullanımda 23 kilometre menzil ve 0 emisyon sunuyor. Yapılan testlerde Prius Plug-in Hybrid, 100 kilometrede 2.0 litreye kadar düşen bir yakıt tüketimi değerine ulaşabiliyor ve 45 litrelik bir depo benzinle bin 250 kilometre yol kat edilebiliyor.



Resim 4.10 Hybrid Motorun Kesit Görünüşü

Prius Plug-in Hybrid'in, aynı sınıftaki benzinli bir araçtan yüzde 49 daha az, dizel bir araçtan da yüzde 36 daha az yakıt tüketmektedir. Bu nedenle, Hybrid otomobil ile Elektrikli Otomobil'in birbirine karıştırılmamalıdır. Prius Plug-in Hybrid'in yolda giderken kendi kendini de şarj etmektedir. Bu nedenle de hybrid otomobiller için altyapıya ihtiyaç duyulmadığını, normal bir elektrik prizinin yeterli olabileceğini belirtilmektedir.

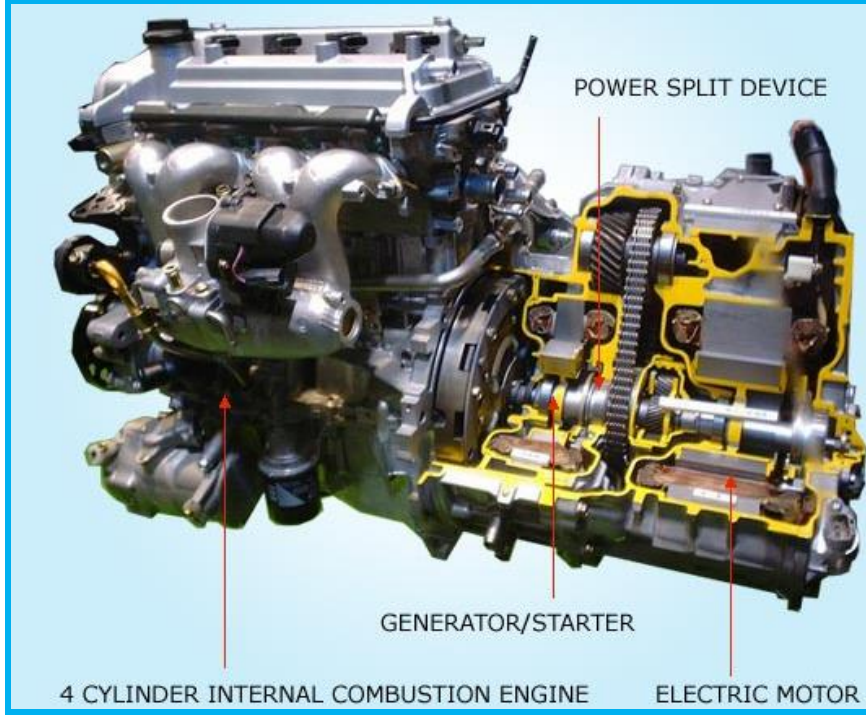
4.7.1. Nikel Metal Hidrid (Ni-Mh) Batarya

Komple hafif ağırlıklı batarya kutusuna sahip olan Toyota Prius; 38 contalı nikel-metal hybrid 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.

4.7.2. Elektrik Motoru

Bir içten yanmalı motorla karşılaştırıldığında daha iyi enerji dönüşümü ve daha düşük emüsyon 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.



Resim 4.11: İçten Yanmalı Motor İle Birleştirilmiş Elektrik Motoru

3.7.3. E-CVT Transmisyon

Toyota hybrid 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:

4.7.3.1 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 emüsyonlarını da ortadan kaldırır.

UYGULAMA FAALİYETİ

Aşağıda verilen işlem basamaklarını takip ederek uygulama faaliyetini yapınız

İşlem Basamakları	Öneriler
➤ Hybrid motorlu taşıtın özelliklerini dikkatlice inceleyiniz.	➤ Modül kitapçığından ve internet sitelerinden konuyla ilgili araştırma yapınız.
➤ Hybrid taşıdın egzoz emüsyon değerlerini inceleyiniz.	➤ Modülde bulunan karşılaştırmaları dikkatlice inceleyiniz.
➤ Hybrid taşıtların tamir ve bakım yöntemlerini araştırınız.	➤ Farklı kaynaklar ve internet sitelerinden faydalanabilirsiniz.
➤ Hybrid motorlu taşıdı diğer alternatif motorlu taşıtlarla karşılaştırınız.	➤ Taşıtlarda kullanılmakta olan farklı alternatif motorları karşılaştırarak arkadaşlarınızla tartışınız.
➤ Elektrikli hybrid taşıtların geliştirilmesi için yapılması gerekenleri sınıfta tartışınız.	➤ Elektrikli hybrid taşıtların avantaj ve dezavantajlarını modülden dikkatlice okuyunuz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyarak doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Aşağıdakilerin hangisi Hybrid taşıtların gündeme gelme sebebidir?
 - A) Elektrikli taşıtlarının menzilinın kısa olması
 - B) Petrol kaynaklarının sınırlı olması
 - C) Hava kirliliği
 - D) Hepsi
2. Hybrid Motorlu bir araç kırmızı ışıkta durduğunda, araç motorunun durumu aşağıdakilerden hangisidir?
 - A) Benzinli motor düşük hız modunda çalışıyor.
 - B) Benzinli motor çalışmıyor. Araç sadece elektrik motoru ile çalışıyor.
 - C) Benzinli motor devre dışı ve yakıt tüketimi sıfır.
 - D) Benzinli motor elektrik motor desteği ile yüksek hız modunda çalışıyor.
3. Hybrid Motorlu bir araç Çalıştırma ve hızlanmada, araç motorunun durumu aşağıdakilerden hangisidir?
 - A) Benzinli motor, elektrik motoru desteği ile düşük hız modunda çalışıyor.
 - B) Benzinli motor çalışmıyor. Araç sadece elektrik motoru ile çalışıyor.
 - C) Benzinli motor devre dışı ve yakıt tüketimi sıfır.
 - D) Benzinli motor elektrik motor desteği ile yüksek hız modunda çalışıyor.
4. Hybrid Motorlu bir araç ani hızlanmada, araç motorunun durumu aşağıdakilerden hangisidir?
 - A) Benzinli motor düşük hız modunda çalışıyor.
 - B) Benzinli motor çalışmıyor. Araç sadece elektrik motoru ile çalışıyor.
 - C) Benzinli motor devre dışı ve yakıt tüketimi sıfır.
 - D) Benzinli motor elektrik motor desteği ile yüksek hız modunda çalışıyor.
5. Hybrid Motorlu bir araç düşük hızda seyir ederken, araç motorunun durumu aşağıdakilerden hangisidir?
 - A) Benzinli motor düşük hız modunda çalışıyor.
 - B) Benzinli motor çalışmıyor. Araç sadece elektrik motoru ile çalışıyor.
 - C) Benzinli motor devre dışı ve yakıt tüketimi sıfır.
 - D) Benzinli motor elektrik motor desteği ile yüksek hız modunda çalışıyor.

6. Hybrid Motorlu bir araç kademeli hızlanma ve yüksek hızda seyir ederken, araç motorunun durumu aşağıdakilerden hangisidir?
- A) Benzinli motor düşük hız modunda çalışıyor.
 - B) Benzinli motor çalışmıyor. Araç sadece elektrik motoru ile çalışıyor.
 - C) Benzinli motor devre dışı ve yakıt tüketimi sıfır.
 - D) Benzinli motor elektrik motor desteği ile yüksek hız modunda çalışıyor.

7. Aşağıdakilerden hangisi Hybrid motorun avantajlarındanır?
- A) Ülke ekonomisinin dışa bağımlılığını azaltır.
 - B) Elektrik motoruyla kullanımda çok sessiz çalışma sağlar.
 - C) Çevreyi daha az kirletir, yani egzoz emüsyonu daha düşük seviyededir.
 - D) Hepsi

8. *“Bu tür araçlarda elektrik motoru ve içten yanmalı motor bir debriyaj üzerinden diferansiyeli ortak olarak beslerler. İstendiğinde yalnızca elektrik motoru, istendiğinde yalnızca benzin veya dizel motor çalıştırılıp mekanik enerji tekerlekleri çevirebilir.”*

Yukarıda hangi hybrid tahrik sisteminden bahsedilmiştir?

- A) Paralel hybrid tahrik sistemi
 - B) Seri hybrid tahrik sistemi
 - C) C) Kompleks hybrid tahrik sistemi
 - D) D) Hepsi
9. *İçten 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.*

Yukarıda hangi hybrid tahrik sisteminden bahsedilmiştir?

- A) Paralel hybrid tahrik sistemi
 - B) Seri hybrid tahrik sistemi
 - C) Kompleks hybrid tahrik sistemi
 - D) Hepsi
10. *Bu sisteme karışık hybrid denmesinin nedeni seri paralel sistemde kullanılan jeneratörün yerine gerektiğinde motor gerektiğinde jeneratör olarak çalışan bir elektrik makinesiyle değiştirilmiş olmasıdır.*

Yukarıda hangi hybrid tahrik sisteminden bahsedilmiştir?

- A) Paralel hybrid tahrik sistemi
B) Seri hybrid tahrik sistemi
C) Kompleks hybrid tahrik sistemi
D) Hepsi
11. Aşağıdakilerden hangisi Elektrikli Hybrid Taşıtlarda Kullanılan Elektrik Motor Tiplerindendir?
A) Yüzey Mıknatıslı Fırçasız Doğru Akım Makineleri
B) Gömülü Mıknatıslı Senkron Makineler
C) Üç Fazlı Asenkron Makineler
D) Hepsi
12. 1901 yılında Thomas Edison tarafından elektrik araçlarının daha uzun yol kat edebilmesi amacıyla geliştirilmiştir. Bu bataryalar güvenilir, uzun ömürlü, fakat pahalı bir sekonder bataryadır.
Yukarıda hangi bataryadan bahsedilmiştir?
A) Nikel-Demir Batarya
B) Nikel Kadmiyum Batarya
C) Sodyum-Nikel Klorür Batarya
D) Nikel-Metal Hidrür Batarya
13. Bu bataryayı, elektrikli araç uygulamalarında kullanılabilecek maliyet ve özelliklere getirebilmek için Japonya (Sony ve Panasonic), Avrupa (SAFT ve Varta) ve ABD'de (Duracell) çeşitli çalışmalar sürdürülmektedir. Sony, 3500 derin deşarj çevrimli 35 kWh kapasite ve 120 Wh/kg enerji yoğunluğuna sahip bir batarya yaptığını bildirmiştir.
Yukarıda hangi bataryadan bahsedilmiştir?
A) Nikel-Demir Batarya
B) Nikel Kadmiyum Batarya
C) Lityum-İyon Batarya
D) Nikel-Metal Hidrür Batarya

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-5

AMAÇ

Yakıt hücreli motorların bakımını yapabileceksiniz.

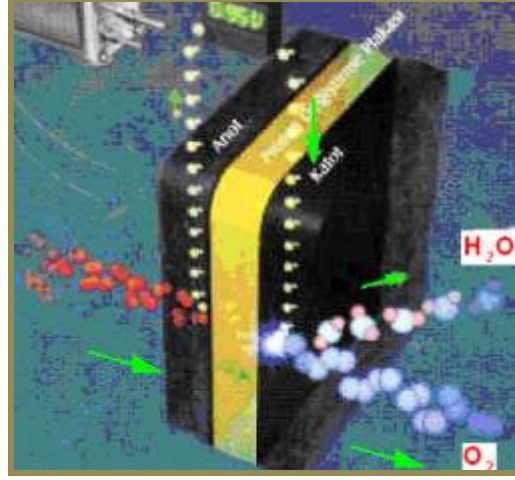
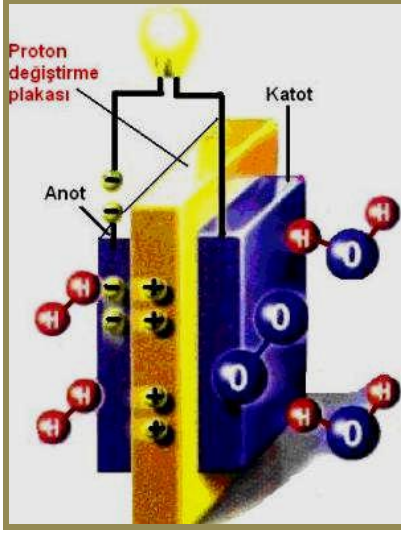
ARAŞTIRMA

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

5. 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 hybrid 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 5.1’de yakıt hücreninin şematik resmi görülmektedir.



şekil 5.1: 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.

5.1 Yakıt Hücresi 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 parçalar da 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. Konventörler (dönüştürücü) ile alternatif akıma çevrilir. Bir yakıt hücresi (yakıt pili):

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

5.1.1 Yakıt İşleme Ünitesi

Yakıt beslemesinin olduğu ve dolaylı beslemede ön işlemin gerçekleştirildiği ünedir.

5.1.2 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 geç 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 şarj 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 geliştirilir.

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.

5.1.3 Güç Dönüştürücü

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

5.2 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.

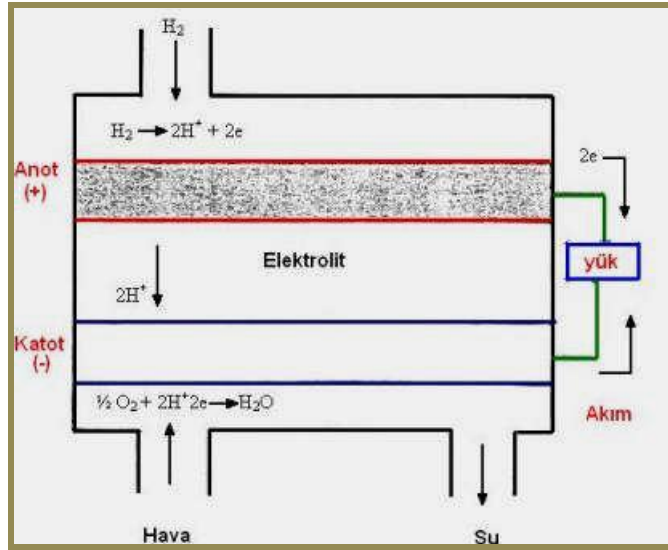
5.2.1. Fosforik Yakıt Hücresi (PAFC)

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 5.2’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 ısısını daha iyi dışarı atar ve verim daha iyidir.



Şekil 5.2: Fosforik Asit Yakıt Hücresi Kimyasal Reaksiyonları

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 5.2 ile aynıdır.

5.2.2. 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. Itrium-zirkonyum veya seryum-gadolinium oksit karışımları ile yapılan çalışmalarda olumlu sonuçlar vermektedir. Bu sistemlerde ulaşılan verim % 46 mertebesindedir. 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.

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

5.2.4. 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 yapılı 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 katota 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.

5.2.5. 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	$\text{CH}_3\text{OH} \rightarrow \text{CO}_2 + 6\text{H}^+ + 6\text{e}^-$
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.

5.3 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 göreceği 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.

5.4 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
- Eysel uygulamalar
- Sabit güç üretim sistemi / yüksek güç üretim sistemi uygulamaları
- Taşınabilir güç kaynağı uygulamaları
- Atık / atık su uygulamaları



Resim 5.1: 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 dönüştürülebilir. 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" emüsyon standartlarını katalitik dönüştürücü kullanımı gerekmeksizin karşılayan ilk araç olmuştur. Bu araçtan sonra

doğal gaz ile alışan Civic GX modeli üretilmiştir. Sıfıra yakın emüsyon değerleri ile "Environmental Protection Agency" tarafından dünyanın en temiz motoru olarak tanımlanan, Civic GX modelinin ardından 1999 yılında Honda gaz- elektrik hybrid sistemi ile tüketicinin karşısına çıkmıştır. Bu sene de Honda Civic, ABD'de hybrid g üretim sistemi opsiyonuna sahip ilk model oldu. FCX modeli "Environmental Protection Agency" ve "California Air Resources Board" tarafından onaylanmış olup, Los Angeles'da tüketicisi ile buluşmaktadır. Bu model ile Honda'nın gelecekteki sıfır emüsyon hedeflerini gerçekleştirmiş oluyor.



Resim 4.2: Yakıt Hücresi İle alışan İlk Taşıt

UYGULAMA FAALİYETİ

Aşağıda verilen işlem basamaklarını takip ederek uygulama faaliyetini yapınız

İşlem Basamakları	Öneriler
➤ Yakıt pilerinin özelliklerini dikkatlice inceleyiniz.	➤ Modül kitapçığından ve internet sitelerinden konuyla ilgili araştırma yapınız.
➤ Yakıt Hücreli taşıtların egzoz emüsyon değerlerini inceleyiniz.	➤ Modül kitapçığından 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 taşıtı diğer alternatif yakıtlı veya alternatif motorlu taşıtlarla karşılaştırınız.	➤ Taşıtlarda kullanılmakta olan farklı alternatif 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 VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyarak doğru seçeneği işaretleyiniz.

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

Aşağıdaki cümlelerin başında boş bırakılan parantezlere, cümlelerde verilen bilgiler doğru ise D, yanlış ise Y yazınız.

6. () Yakıt pilleri Euro 4 taşıt çevre koruma normuna uyumludur.
7. () Yakıt hücreli taşıt, dizel taşıta göre daha avantajlıdır.
8. () Sistemde hidrojen, yüksek basınçlarda püskürtülür.

9. () Yakıt hücresinde dışarı hidrojen atılır.
10. () Yakıt hücrelerinde ateşleme sistemi bulunmaz.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise “Modül Değerlendirme”ye geçiniz.

MODÜL DEĞERLENDİRME

UYGULAMALI TEST

Bu modül kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadıklarınız için **Hayır** kutucuklarına (X) işareti koyarak kontrol ediniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Biyolojik yakıt ve çeşitlerini öğrendiniz mi?		
2. Hangi motorlarda kullanılacağını ve özelliklerini incelediniz mi?		
3. Bitkisel yakıtların özelliklerini ve önemini öğrendiniz mi?		
4. Wankel motorların çalışma prensibini öğrendiniz mi?		
5. Wankel motorların özelliklerini öğrendiniz mi?		
6. Elektrikli hibrid taşıtlar hakkında bilgi sahibi oldunuz mu?		
7. Hibrid taşıtların karakteristik özelliklerini öğrendiniz mi?		
8. Hibrid taşıtların tahrik metotlarını öğrendiniz mi?		
9. Yakıt hücresi (pili) hakkında bilgi sahibi oldunuz mu?		
10. Yakıt hücresi (pili) geliştirme aşamalarını ve karakteristik özelliklerini öğrendiniz mi?		
11. Geleceğin motorlu taşıtları ve alternatif yakıtlar hakkında bilgi sahibi oldunuz mu?		
12. Konuyla ilgili yenilikler üzerinde araştırmalar yaptınız mı?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “Hayır” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “Evet” ise bir sonraki bir sonraki modüle geçmek için öğretmenimize başvurunuz.

CEVAP ANAHTARLARI

ÖĞRENME FAALİYETİ-1'İN CEVAP ANAHTARI

1	B
2	D
3	A
4	D
5	B
6	Yanlış
7	Yanlış
8	Doğru
9	Doğru
10	Doğru

ÖĞRENME FAALİYETİ-2'NİN CEVAP ANAHTARI

1	A
2	D
3	Doğru
4	Doğru
5	Doğru
6	Yanlış

ÖĞRENME FAALİYETİ-3'ÜN CEVAP ANAHTARI

1	A
2	D
3	B
4	C
5	B
6	Yanlış
7	Yanlış
8	Doğru
9	Doğru
10	Yanlış

ÖĞRENME FAALİYETİ-4'ÜN CEVAP ANAHTARI

1	D
2	C
3	A
4	D
5	B
6	A
7	D
8	A
9	B
10	C
11	D
12	A

ÖĞRENME FAALİYETİ-5'İN CEVAP ANAHTARI

1	C
2	B
3	D
4	A
5	C
6	Doğru
7	Yanlış
8	Yanlış
9	Doğru
10	Yanlış

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 Requite 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.
- HİRCHEN 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.