

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

(DOKTORA TEZİ)

ELEKTRO-OPTİK ENDÜSTRİSİNDE

KULLANILACAK ALEVE DAYANIKLI

MALZEME GELİŞTİRİLMESİ VE UYGULAMASI

Metin NİL

Tez Danışmanı : Yrd.Doç.Dr.Yavuz ÖZTÜRK

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Sunuş Tarihi : 4 Ocak 2018

Bornova-İZMİR

2018

Metin NİL tarafından Doktora tezi olarak sunulan “Elektro-optik Endüstrisinde Kullanılacak Aleve Dayanıklı Malzeme Geliştirilmesi ve Uygulaması” başlıklı bu çalışma EÜ Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği ile EÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Eğitim ve Öğretim Yönergesi’nin ilgili hükümleri uyarınca tarafımızdan değerlendirilerek savunmaya değer bulunmuş ve 04.01.2018 tarihinde yapılan tez savunma sınavında aday oybirliği/oyçokluğu ile başarılı bulunmuştur.

Jüri Üyeleri:

Jüri Başkanı	: Yrd.Doç.Dr.Yavuz ÖZTÜRK	
Raportör Üye	: Prof.Dr.Gökalp KAHRAMAN	
Üye	: Prof.Dr.İbrahim AVGIN	
Üye	: Prof.Dr. Erdal ÇELİK	
Üye	: Prof.Dr.M.Salih DİNLEYİCİ	

İmza



EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI**

EÜ Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili hükümleri uyarınca Doktora Tezi olarak sunduğum “Elektro-optik Endüstrisinde Kullanılacak Aleve Dayanıklı Malzeme Geliştirilmesi ve Uygulaması” başlıklı bu tezin kendi çalışmam olduğunu, sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgeleri bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara atıf yaptığımı ve bunları kaynaklar listesinde usulüne uygun olarak verdiğimi, tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını, bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya diğer bir üniversitede başka bir tez çalışması içinde sunmadığımı, bu tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda bilimsel etik kurallarına uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim.

04 /01/ 2018



Metin NİL



ÖZET**ELEKTRO-OPTİK ENDÜSTRİSİNDE KULLANILACAK ALEVE
DAYANIKLI MALZEME GELİŞTİRİLMESİ VE UYGULAMASI**

Doktora Tezi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü

Tez Yöneticisi: Yrd. Doç. Dr. Yavuz ÖZTÜRK

04/01/2018, 190 sayfa

Bu tezde, televizyon endüstrisinin temel ihtiyaçları ve beklentileri çerçevesinde 65” güvenilirlik düzeyi artırılmış OLED TV sistemi tasarlanmış ve akademik, bilimsel çözüm önerileri getirilmiştir. Özellikle elektro-optik cihazların arıza durumları sonucunda oluşacak yangın riskine karşın, aleve dayanıklı malzeme geliştirilmesi hedeflenmiştir.

Yeni nesil ekran teknolojisi olan OLED ekranlar; düşük güç tüketimi, ince ve hafif olması, kendinden ışıma yapabilmesi, geniş bakış açısı, yüksek kontrast oranı, hızlı piksel cevap süresi, esnek yapıda üretilebilirliği gibi önemli avantajlara sahiptir.

Ürün spesifikasyonlarına göre güvenilirlik standartlarına uygun elektronik kartların yerleşimi, güç kartı tasarımı gerçekleştirilmiştir. Kart ve sistem düzeyinde termal, güvenilirlik ve elektromanyetik testler ve simülasyonlar gerçekleştirilmiştir. Laboratuvar koşullarında elde edilen veriler ömür analizlerinde kullanılmıştır. OLED TV’lerde, çok uzun süre statik resmin ekranda kalması sonucu resim yapışması kalite problemi oluşur. Bu problemin nedenleri incelenmiş ve probleme alternatif çözüm önerileri geliştirilmiştir.

Tasarımın doğası gereği ince yapılı olması ve olası arıza durumunda oluşacak yangın riskine karşı aleve dayanıklı plastik malzemeler üzerine araştırmalar gerçekleştirilmiştir. Çevre standartları ile uyumlu maliyet etkin nanokompozit bazlı malzeme sentezi ve karakterizasyonu gerçekleştirilmiştir. Bu malzemenin plastik uygulaması ve yanmazlık testleri gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: OLED TV,Aleve geciktirici nanokompozit,Termal yönetim, Resim yapışması



ABSTRACT**DEVELOPMENT AND APPLICATION OF FLAME RETARDANT
MATERIALS USED IN ELECTRO-OPTIC INDUSTRIES**

PhD Dissertation, Dept. of Electrical and Electronics Engineering

Supervisor: Assistant Prof. Yavuz ÖZTÜRK

04/01/2018, 190 Pages

In this thesis, 65" OLED TV design of which reliability level increased within the scope of needs and expectations of TV industry has been studied and academic and scientific solution recommendations are offered. Despite the risk of fire that will be caused especially by electro-optic devices as a result of malfunctions, the development of flame resistant materials is aimed.

OLED displays - new generation display technology - have some important advantages such as low power consumption, being slim and light, self-emissive, wide viewing angle, high contrast ratio, fast pixel response time, flexible display etc.

According to product specifications, position of electronic cards and power card design are performed properly to reliability standards. Thermal, reliability and electromagnetic tests and simulations are carried out at card and system level. Acquired laboratory data is used in mean life analysis. There occurs image sticking problem due to the fact that static image stands so long time in OLED TV displays. The reasons of image sticking quality problem have studied and alternative solutions are offered.

Flame proof plastic materials are analyzed against to risk of fire that can occur due to fine structure of design by definition and possible fault condition. Nanocomposite based plastic material synthesis and characterization is

performed cost effectively in accordance with environmental standards. Produced nanomaterial was applied to plastics and flame retardant tests were performed.

Keywords: OLED TV, Flame retardant nanocomposite, Thermal management, Image sticking.



TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimini tamamladıktan çok uzun zaman sonra doktora eğitimine başlamış olmam cesaretin yanı sıra iş, aile ve sosyal hayatımda önemli ödünler vermeme neden oldu. Öncelikle doktora programına başlamamda ilk motivasyonu sağlayan, teşvik eden ve vizyoner görüşü ile yönlendiren Prof.Dr.Erdal ÇELİK hocam'a çok teşekkür ederim. Bu yolda çalışanı olarak gurur duyduğum şirketim VESTEL Elektronik A.Ş Genel Müdürümüz Sn.Murat SARPEL'e vermiş oldukları destek ve göstermiş oldukları sabırdan dolayı çok teşekkür ederim. Yaşam boyu öğrenmeyi ilke edinen birisi olarak bu zorlu süreçte desteklerini benden esirgemeyen, sürekli destek olan ve çalışmalarımı yönlendiren hocalarıma, bölüm başkanlarıma çok teşekkür ederim.

Tez izleme komitemde yer alarak bana değerli yorumlarıyla katkılar sağlayan hocalarım Prof.Dr.Gökalp KAHRAMAN ve Prof.Dr.Erdal ÇELİK'e ayrıca teşekkür ederim.

Tasarım ve deneysel çalışmaların gerçekleştirildiği Manisa CBÜ öğretim görevlileri Yrd.Doç.Dr Mustafa Nil'e, Yrd.Doç.Dr.M.Bahattin AKGÜL'e, 9Eylül Üniversitesi Malzeme ve Metalurji Mühendisliği Öğretim Görevlisi Sn.Dr.Metin YURTTAŞKAL'a, Vestel Elektronik ArGe tasarım ve test bölümleri değerli yönetici ve çalışma arkadaşlarıma ayrı ayrı teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak, beni bu günlere getiren annem ve babam olan Hamide-Abdi NİL'e, hayat arkadaşım, eşim Yeliz NİL'e ve biricik kızlarım Merve NİL ve Sude NİL'e vermiş oldukları destek, gösterdikleri sabır ve anlayış için sonsuz teşekkürler sunarım.



İÇİNDEKİLERSayfa

ÖZET.....	vii
ABSTRACT.....	ix
TEŞEKKÜR.....	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xvii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xxix
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xxxı
1.GİRİŞ.....	1
1.1 OLED yapısı.....	4
1.2 OLED teknolojisinde yaşanan zorluklar.....	6
1.3 Tezin Amacı ve Konusu	8
2.EKRAN TEKNOLOJİSİ VE UYGULAMALARI.....	11
2.1 Ekran Özelliklerine Giriş.....	11
2.2 Ekran Türleri.....	16
2.2.1 Işımasız ekranlar.....	16
2.2.2 Işımalı ekranlar	20

İÇİNDEKİLER (devam)

Sayfa

2.3 OLED'in Temelleri.....	21
2.3.1 OLED yapısı ve çalışması.....	23
2.3.2 OLED içerisinde rekombinasyon olayı ve ışık yayılımı.....	27
2.3.3 OLED türleri.....	29
2.3.4 TFT devrelerinin temel elektriksel özellikleri.....	36
3.AMOLED EKRAN UYGULAMALARI.....	41
3.1 AMOLED TV Sistemini Oluşturan Bileşenler.....	41
3.2 OLED TV Güç Kaynağı Tasarımı.....	48
3.3 Güç Faktörü Düzeltme (PFC-Power Factor Correction).....	51
3.4 Yarım Köprü LLC Rezonans Devresi ve Tasarımı	61
3.5 OLED TV İçin Güç Kartı Tasarımının Gerçekleştirilmesi.....	69
3.5.1 Güç kartının speklerinin belirlenmesi.....	69
3.5.2 Uygun topolojilerin belirlenmesi.....	70
3.5.3 Güç kartı ana blok diyagramı ve çalışma prensibi.....	72
3.5.4 Deneysel çalışmalar.....	81

İÇİNDEKİLER (devam)

Sayfa

4.ALEVE DAYANIKLI PLASTİK MALZEME UYGULAMASI.....	87
4.1 Giriş.....	87
4.2 Deneysel Çalışmalar.....	94
4.3 Deneysel Bulgular ve Sonuçlar.....	97
5.OLED CİHAZLARIN ISIL YÖNETİMİ.....	109
5.1 OLED'lerde Isı Transfer Mekanizması.....	112
5.2 Sonlu Hacimler Metodu.....	113
5.3 Nümerik Analiz ve Deneysel Analiz.....	116
5.4 OLED Cihazlarda Piezoelektrik Fan Teknolojisinin Kullanımı.....	122
5.4.1 Giriş.....	122
5.4.2 Aktif soğutma teorik model.....	125
5.5 Verimliliği Yüksek Aktif Soğutucu Düzeneği Tasarımı.....	128
5.6 Nümerik analiz ve deneysel çalışmalar.....	129
6.OLED DEGRADASYON MEKANİZMALARI.....	139
6.1 OLED Degradasyon Mekanizması.....	139

6.2 OLED Resim Yapışma Sorunu ve Çözüm Teknikleri.....	148
6.3 RGB-RGBW Dönüştürme Teknikleri.....	153
6.4 OLED Resim Yapışma Sorunu Çözüm Önerisi.....	161
7.GÜVENİLİRLİK ANALİZLERİ.....	165
7.1Güvenilirlik Testleri ve Analizleri.....	165
7.1 OLED TV Güvenilirlik Hesaplaması.....	169
7.3 OLED TV Güvenilirlik Düzeyinin Artırılması İçin Öneriler	169
8.SONUÇ VE ÖNERİLER.....	173
KAYNAKLAR DİZİNİ.....	175
ÖZGEÇMİŞ.....	189
EKLER	

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
1.1	OLED katman ve kimyasal molekül yapısı 3
1.2	Temel OLED piksel yapısı 4
1.3a	Çift katman yapısı.....4
1.3b	Üç katman yapısı.....4
1.4	Küçük molekül ve polimerlere örnek kimyasal yapılar.....5
2.1	Görünür ışığın elektromanyetik spektrumu.....11
2.2	Gözün spektral duyarlılığı.....12
2.3	Işık-Madde etkileşimi sonucu renlerin formasyonu.....12
2.4	Gözün renk spektral duyarlılığı.....13
2.5	CIE 1931 2 Boyutlu renk uzayı.....14
2.6	Alt piksel yapısı.....15
2.7	Ekran çözünürlükleri.....15
2.8	LCD ekranlarda ışığın izlediği yol.....17
2.9	Likit kristal panel ünitesi.....18
2.10	LCD arka aydınlatma ışık ünitesi.....18
2.11a	CCFL arka aydınlatma ışık ünitesi.....18

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.11b LED arka aydınlatma ışık ünitesi.....	18
2.12 Kenardan aydınlatmalı LED arka aydınlatma mekanik yapısı ve LED dizilişi.....	19
2.13 Temel OLED yapısı.....	23
2.14a Temel OLED yapıları: Tek katman OLED.....	24
2.14b Çok katman OLED.....	24
2.15 OLED çalışması şematik gösterimi.....	26
2.16 Jablonski diyagramı.....	29
2.17 OLED türleri.....	30
2.18 Küçük molekül OLED katman yapısı.....	30
2.19 Polimer OLED katman yapısı.....	31
2.20 m x n OLED matris yapısı.....	32
2.21a Pasif matriks ekran yapısı	32
2.21b Elektriksel eşdeğer devresi.....	32
2.22a 2T1C Aktif matriks sürme yapısı.....	35
2.22b AMOLED Blok diyagramı.....	35

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.23a Alt ışımalı AMOLED.....	36
2.23b Üst ışımalı AMOLED.....	36
2.24a AMLCD Sürme yapısı.....	37
2.24b AMOLED Sürme yapısı.....	37
2.25a OLED Sürücü transistör.....	38
2.25b 2T1C AMOLED Sürücü yapısı.....	38
2.26 3-a-Si:H TFT piksel elektrot devrenin yapısı.....	40
3.1a OLED Işıma yapısı a) Alttan ışımalı.....	41
3.1b Üstten ışımalı.....	41
3.2 RGBW OLED piksel yapısı.....	41
3.3 Göz diyagramı temel parametreleri.....	44
3.4 Sayısal TV'nin genel yazılım yapısı.....	45
3.5 Sayısal TV'nin anakart fotoğrafı.....	46
3.6 OLED TV'nin kart yerleşimi.....	48
3.7 SMPS sisteminin genel blok diyagramı.....	49
3.8 Yarım köprü DC/DC dönüştürücü devre şeması.....	50

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
3.9 Tam köprü DC/DC dönüştürücü devre şeması.....	51
3.10 Farklı kayma ve bozulma faktörü oranlarında gerilim-akım dalga şekiller.....	55
3.11 Genel giriş ve çıkışı rezonans filtreli pasif PFC devre örnekleri.....	56
3.12 Genel aktif PFC yöntemi blok şeması	57
3.13 Genel boost(yükselen) tip aktif PFC devresi ve akım, gerilim dalga formları	58
3.14 Genel PWM kontrol sistemi blok diyagramı ve dalga formları.....	60
3.15 Genel LLC rezonans dönüştürücü devresi ve eşdeğer devresi	61
3.16 LLC rezonans dönüştürücü FHA eşdeğer modeli	64
3.17 LLC rezonans dönüştürücü kazanç-frekans grafiği ve kazanç-Q grafiği	67
3.18 OLED TV yandan ve arkadan görünümlü mekanik yapı, elektronik kart yerleşimleri	69
3.19 OLED TV güç kartı blok diyagramı	73
3.20 OLED TV güç kartı komponent yerleşimi ve fotoğrafı.....	74
3.21 Güç kartı yerleşim bölgesi genel ısı haritası ve sıcaklık ölçüm sonuçları	82

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
3.22 LLC devresi elektriksel sinyalleri a)LLC pramer b)LLC sekonder.....	83
3.23 EN55032:2012 CE test sonucu(150 kHz-30MHz) ve RE test sonucu(30MHz-1GHz).....	84
3.24 EN61000-3-2:2014 Maksimum harmonik akım sonuçları.....	85
3.25 Inrush akım ölçüm grafiği	86
4.1a İkiz vidali rotasyonel ekstrüder.....	96
4.1b Enjeksiyon kalıplama makinesi.....	96
4.2a Çekme testi numunelerine ait kalıp.....	96
4.2b Yanmazlık testi numunelerine ait kalıp.....	96
4.3a Huntit/hidromanyezit mineralinin tane boyutları.....	97
4.3b Antimuantrioksit mineralinin öğütme öncesi ve sonrası tane boyutları.....	97
4.4 Huntit/hidromanyezit mineralinin XRD analiz sonucu.....	98
4.5 Antimontrioksit mineralinin XRD analiz sonucu.....	99
4.6 Huntit/hidromanyezit mineralinin XPS analiz sonucu.....	99
4.7 Antimon (III) oksit mineralinin XPS analiz sonucu.....	99

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

Şekil	Sayfa
4.8	Katkısız ABS polimeri, 1, 2, 3, ve 4 numaralı örneklerine ait FTIR sonuçları.....101
4.9	5 farklı örnekler için XPS sonuçları a) katkısız ABS polimeri, b) 1 nolu örnek, c) 2 nolu örnek, d) 3 nolu örnek, e) 4 nolu örnek.....102
4.10	Saf ABS numunesine ait DTA-TG analizi.....103
4.11	a) 1, b) 2, c) 3 ve d) 4 no.lu numunelere ait DTA-TG analizleri.....103
4.12	UL 94 test standardının şematik gösterimi.....104
4.13	Yanmazlık testi için gerçek deney görüntüsü.....105
4.14	UL 94 testine tabi tutulan numuneler a) I no.lu, b) II no.lu numune.....107
5.1	OLED ısı transfer mekanizması.....112
5.2	Taşıyım ve ışıyım ile OLED'den ısı transferi.....113
5.3	Bir boyutlu kontrol hacmi ve grid yapısı.....114
5.4	Kontrol hacmi ve OLED cihaz 116
5.5	Benchmark çalışması.....117
5.6	Örnek model için sıcaklık dağılımı grafikleri a)Deneyisel ölçüm b)Nümerik analiz 118

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
5.7	Örnek model için farklı kalınlıklardaki PG ısı yayıcıları için sıcaklık dağılımları 119
5.8	Örnek model için farklı kalınlıklardaki APG ısı yayıcıları için sıcaklık dağılımları 119
5.9	Kontrol hacmi ve 65’’ OLED cihaz 120
5.10	Termal kamera sıcaklık dağılımları 120
5.11	Simülasyon sıcaklık dağılımları.....121
5.12	Farklı kalınlıklardaki PG ısı yayıcıları için sıcaklık dağılımları.....121
5.13	Farklı kalınlıklardaki APG ısı yayıcıları için sıcaklık dağılımları.....122
5.14	Jet çıkışında akışkan hızının zamana göre değişimi.....123
5.15	Artış faktörünün ısı kaynağı ve jet arasındaki mesafeye göre değişimi.....124
5.16	Sentetik jet sistemi(emme-püskürtme).....127
5.17	Sentetik jet hava akımı.....127
5.18	Çift etkili sentetik jet tasarımı a)montaj resmi b) de-montaj resmi c)kesit görünüş.....128
5.19	Çift etkili sentetik jet a)emme b)püskürtme hareketi.....128

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
5.20a 27 mm'lik diyaframa sahip piezo elemanın maksimum deplasmanı (30V).....	130
5.20b 35 mm'lik diyaframa sahip piezo elemanın maksimum deplasmanı (30V).....	130
5.20c 44 mm'lik diyaframa sahip piezo elemanın maksimum deplasmanı (30V).....	130
5.21 Piezoelektrik diyafram geometrisi.....	131
5.22 Piezoelektrik diyaframın frekans-genlik eğrisi	132
5.23 Farklı piezoelektrik diyafram kalınlıklarına karşılık frekans-genlik eğrileri.....	132
5.24 Farklı piezoelektrik diyafram çaplarına karşılık frekans-genlik eğrileri.....	133
5.25 Farklı piezoelektrik malzemelere karşılık frekans-genlik eğrileri.....	134
5.26 Piezoelektrik fan tasarımları.....	135
5.27 Piezo soğutucu sistemi doğrulama test düzeneği.....	135
5.28 a) Piezo fan soğutma sistemi, b)Çalışmadığı durumda sıcaklık ölçümü c)Tek piezo fan çalıştığı durumda sıcaklık ölçümü d)Çift piezo fan çalıştığı durumda sıcaklık ölçümü.....	136

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
5.29	Piezo fanın hız profili.....137
5.30	Piezo fanın Frekans ve voltajın fanın çıkış hızına etkisi.....137
5.31	Anakart üzerinde piezoelektrik fan yerleşimi.....138
5.32	a) Fansız ve b) Fanlı durumlara ait sıcaklık dağılımları.....138
6.1	OLED Degradasyon mekanizmaları.....139
6.2a	OLED Degradasyon düzeyi.....140
6.2b	OLED Siyah nokta.....140
6.3a	OLED sürücü transistör şematik yapısı.....141
6.3b	Kesit yapısı.....141
6.4	a-Si:H Elektriksel stress sonucu oluşan trap mekanizması.....143
6.5a	AMOLED Piksel sürücü devre örnekleri elektriksel geribeslemeli kompanzasyon devresi.....146
6.5b	Gerilim programlı piksel devresi.....146
6.5c	Dual-Gate IGZO piksel devresi.....146
6.6	Harici Kompanzasyon devresi blok diyagramı ve devresi.....147
6.7	Harici kompanzasyon devresi için T/CON ve sürücü entegre devresi blok diyagramı.....147

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
6.8 Bir oyun programının 20 saat sonra oluşan resim yapışma sorunu.....	148
6.9 OLED panel resim yapışması eğrisi.....	149
6.10 Çok uzun zaman sonra OLED panelde degrade olmuş pikseller....	150
6.11 TPC algortiması blok diyagramı.....	150
6.12 TPC algortiması uygulaması.....	151
6.13 CPC algortimasının uygulaması.....	152
6.14 LEA algortimasının uygulaması.....	152
6.15 Orbital kaydırma algoritması ve uygulaması.....	153
6.16a Alt piksel ve renk uzayı yapısı RGB	154
6.16b Alt piksel ve renk uzayı yapısı RGBW.....	154
6.17 Farklı algoritmalar sonucunda min(R,G,B) - Wo grafiği	156
6.18 Sanal 4k RGBW dönüşüm algoritması	157

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
6.19 Referans dönüştürme algoritması ile önerilen dönüşüm algoritmasının karşılaştırmalı Wo lüminans değişim grafiği	158
6.20 RGB-RGBW dönüşüm algoritması ve saturasyon değerine bağlı renk kalitesinin geliştirilmesi algoritması	159
6.21 Büyük ebat OLED resim yapışması önleyici RGB/RGBW dönüşüm algoritması.....	162
6.22 Önerilen RGB/RGBW dönüşüm algoritması.....	164
7.1 Güvenilirlik-Maliyet grafiği.....	166



ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
1.1 Tez konusunun şematik gösterimi.....	10
2.1 Ekran piksel sayıları.....	16
2.2 LCD panel izin verilen kritik sıcaklıklar.....	20
2.3 OLED katmanları malzeme örnekleri.....	24
2.4 Poly Si ve a-Si TFT karakteristik karşılaştırma tablosu.....	34
2.5 Gerilim ve akım sürücülü AMOLED şemalarının karşılaştırılması.....	39
3.1 Göz diagram sinyal karakteristiği.....	44
3.2 IEC 61000 - 3 - 2 standardına göre yük sınıfları.....	52
3.3 Harmonik sınırları.....	53
3.4 Televizyon uygulamaları için uygun topolojiler ve güç aralıkları.....	71
3.5 Güç kartı tasarım spesifikasyonu.....	72
3.6 24 V Güç bloğu için tasarım spesifikasyonları.....	77
3.7 12 V Güç bloğu için tasarım spesifikasyonları	77
3.8 24 V Güç bloğu için tasarım sonuçları	78
3.9 12 V Güç bloğu için tasarım sonuçları	79
3.10 Modifiye edilmiş transformatör tasarım parametreleri.....	81

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge

Sayfa

4.1	İkiz vidalı rotasyonel ekstrüderin teknik özellikleri.....	96
4.2	Deneyde kullanılan katkı malzemelerinin tane boyutları.....	98
4.3	Tekli ve İkili katkı oranları ve örnek isimlendirme.....	100
4.4	UL94 testine göre yanmazlık sınıflandırması.....	105
4.5	Deneyde kullanılan boya katkı oranları.....	106
4.6	Numunelerin UL94 test metoduna göre sonuçları.....	106
5.1	Isı yayıcılarının termo-fiziksel özellikleri.....	117
5.2	Isı iletim katsayıları.....	117
5.3	Cihaz üzerindeki maksimum ve minimum sıcaklık.....	119
5.4	Sentetik jetin akustik performansı	124
5.5	Farklı elektrik potansiyel değerlerinde piezo elemanların maksimum yer değiştirme değerleri	130
5.4	Diyaframın kalınlık ve çap ölçülerine göre elde edilen diyaframın birinci doğal frekansları.....	134
7.1	Kapasitenin yüzey sıcaklığındaki artışının ömrüne olan etkisi.....	169

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
A^*	Richardson Sabiti
R	Rekombinasyon Oranı
C	Kapasitans
L	Parlaklık
l	Kalınlık
G	İletkenlik
μ	Mobilite
I	Akım Yoğunluğu
I_d	Drain Akımı
J	Akım Yoğunluğu
V	Gerilim
V_T	Eşik Gerilimi
λ	Dalgaboyu
π	Pi Bağı
σ	Sigma Bağı
ϕ	İş Fonksiyonu-Bariyer Yüksekliği

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam)

<u>Kısaltmalar</u>	<u>Açıklama</u>
Alq ₃	Alüminyum hidroksi kinolin
AMOLED	Aktif Matriks Organik Işık Yayan Diyot
CCFL	Soğuk Katot Fluoresan Lamba
C.I.E	Commission International de l'Eclairage (Uluslar arası Aydınlatma Komisyonu)
EL	Elektrolüminesans
EML	Emisyon Tabakası (Emitting Layer)
ETL	Elektron taşıma katmanı (Electron Transport Layer)
HTL	Boşluk taşıma katmanı (Hole Transport Layer)
HIL	Boşluk enjeksiyon katmanı (Hole Injecting Layer)
HOMO	En Yüksek Enerjili Dolu Orbital (Highest Occupied Molecular Orbital)
ITO	Indium Katkılı Kalay Oksit (Indium Tin Oxide)

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam)

<u>Kısaltmalar</u>	<u>Açıklama</u>
LCD	Sıvı Kristal Ekran (Liquid Crystal Display)
LED	Işık Yayan Diyot
LUMO	En Düşük Enerjili Boş Orbital (Lowest Occupied Molecular Orbital)
OLED	Işık Yayan Organik Diyot (Organic Light Emitting Diode)
OEM	Original Equipment Manufacturer (Fason Üretim)
PEDOT:PSS	Poli etilen dioksi tiyofen : polistrensülfonat
PL	Fotoluminesans
PFC	Güç Faktörü Düzeltme (Power Factor Correction)
PMOLED	Pasif Matriks Organik Işık Yayan Diyot
PPV	Poly(para-phenylenevinylene)
PVK	Pol(N-vinilkarbazol)
RGB	Kırmızı Yeşil Mavi
ROHS	Çevreye Zararlı Maddelerin Kısıtlanması

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam)

<u>Kısaltmalar</u>	<u>Açıklama</u>
SCL	Space Charge Limited
SCLC	Space Charge Limitations of Currents



1. GİRİŞ

Elektronik, haberleşme ve bilişim en hızlı büyüyen ve gelişen sektörlerdir. Hızlı, yüksek performanslı ve ekonomik yarı iletken malzemelerin ileri teknoloji ürünlerinde kullanılmaya başlanması ile rekabet edebilen ürünler pazarda yer tutmaya başlamıştır. 2000’li yılların başında tüketici elektroniği sektöründe devrim niteliğinde gelişmeler yaşanmıştır. Tüketici elektroniği sektörünün, üretimi en yoğun ürünlerinden birisi televizyondur. Televizyon endüstrisinde, sayısal teknolojilerin gelişimi ile yayın standartları ve ekran teknolojileri alanında çok önemli dönüşümler yaşanmıştır. TV yayınları analog yayınlardan sayısal yayınlara dönüşerek haberleşme ve alıcı sistemleri teknolojik olarak gelişmiştir. Günümüzde daha yüksek bant genişliği gereken ultra yüksek çözünürlüklü TV yayınları karasal, kablo ve uydu üzerinden izlenebilmektedir. Ekran teknolojilerinde ise kullanıcı alışkanlıklarının değiştiği radikal gelişmeler yaşanmıştır. Üçboyutlu, yüksek çözünürlüklü, formu değiştirilmiş kavisli, çok ince yapılı ve oldukça büyük boyutlarıyla Liquid Crystal Display (LCD) ekranlar televizyonun en önemli bileşenini oluşturmaktadır. Ancak, LCD ekranlar kendinden ısıtma yapamadıklarından ve arka aydınlatma ışık ünitesine ihtiyaç duyulmasından dolayı bu ekranların görüntü performansı (bakış açısı, ışık, renk ve kontrast oranı) ve fiziksel kalınlık istenilen düzeyde gelişmemiştir. Bu nedenle, elektro-optik endüstrisinde Organik Işık Yayan Diyot (OLED) ekranlar LCD ekranlara alternatif olarak görülmektedir.

Yeni nesil ekran teknolojisi olan OLED ekranlar; düşük güç tüketimi, çok ince ve hafif olması, kendinden ısıtma yapabildiği için arka aydınlatma ışık ünitesine ihtiyaç duymaması, geniş bakış açısı, yüksek kontrast oranı, hızlı piksel cevap süresi, esnek yapıda olabilmesi gibi önemli avantajlara sahiptir (Gu and Forrest, 1998).

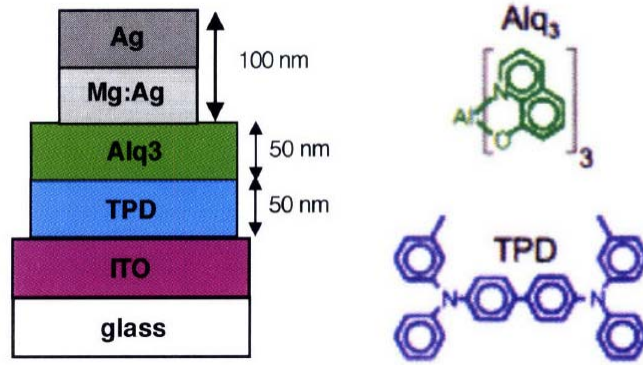
Tüketici elektroniği, mobil haberleşme, askeri uygulamalar ve medikal alanda birçok üründe sağladığı avantajlardan dolayı OLED ekranlar tercih edilmeye başlanmıştır. Günümüzün en hızlı gelişen teknolojisi olan mobil telefonlarda OLED ekranların kullanımı her geçen gün artmaktadır. Yakın

gelecekte OLED ekranların esnek yapıya kazandırılmasıyla giyilebilir teknolojiler ile entegrasyonu sağlanabilecektir. Dünyada her yıl 300 Milyon TV'nin satıldığı TV endüstrisinde büyük ekran OLED TV'lerin 2020 yılına kadar toplam pazarın %20'sini oluşturacağı öngörülmektedir. Ayrıca, OLED elektrolüminesans malzemelerin verimliliğinin artırılması ve maliyetlerinin düşürülmesiyle beyaz ışık OLED aydınlatma ürünlerinin de yaygınlaşması beklenmektedir. Bu durum, teknolojiye yatırım yapan birçok şirketin ilgisini çekmekte olup, pek çok bilimsel araştırmanın ve teknoloji geliştirme faaliyetlerinin devam etmesine neden olmaktadır.

Elektro-optik görüntüleme sistemlerinde gelecek nesil uygulama olan OLED ekranların malzeme düzeyinde ilk çalışmalar 1950'lerin başında başlamıştır. İlk kez 1953 yılında Bernanose ve arkadaşları tarafından, akridine turuncu ve kinakrin kristal ince filmler üzerine yüksek AC gerilim uygulayarak, organik malzemelerde ilk elektrolüminesans etkisini gözlemlemiştir. İlk organik Elektrolüminesans aygıt geliştirme çabaları, Anthracene (Antrasin) kristalinin elektrotlar arasına sandviç yapılı yerleştirilmesi ve 100 V üzeri seviyelerde sürücü gerilimi uygulanarak düşük şiddetli parlak mavi ışık eldesi ile gerçekleşmiştir (Pope et al., 1963). Ancak, yüksek çalışma gerilimi ve yüksek saflıkta kristal ihtiyacından dolayı ticarileşememiştir.

1980'li yıllarda OLED verimini artırmaya yönelik çalışmalara başlanmıştır. 1982 yılında Vakum Depolama yöntemi ile Antrasin ince film haline getirilmiş ve daha düşük çalışma gerilimi ve aygıt verimliliği artırılmıştır (Vincett et al., 1982).

1987'de Kodak araştırma laboratuvarında C. Tang ve Van Slyke hetero-eklem çift katmanlı küçük moleküllerin vakum kaplama yöntemiyle, çift katmanlı OLED yapmışlar ve düşük gerilimde (6V'dan düşük) yüksek parlaklıklı ve yüksek verimde çalışmayı başarmışlardır. OLED, anot, HTL, ETL ve katot'dan oluşmaktadır (Şekil 1.4). Molekül yapısı aşağıda verilmiştir.



Şekil 1.1. OLED katman ve kimyasal molekül yapısı(Tang et al., 1987).

Anot: Indium Tin Oxide (ITO),

HTL: N,N'-Bis(3-methylphenyl)- N,N'- bis(phenyl)- benzidine (TPD)

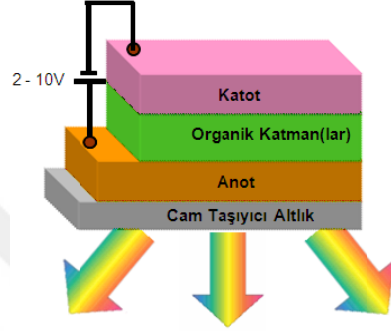
ETL: Tris(8-hydroxy-quinolino)aluminium(Alq₃)

Katot: Mg:Ag/Ag

Bu OLED aygıt, elektron ve boşluk transferi yapabilen iki katmanın biraraya getirilmesi ile elektrik potansiyeli altında katmanların arasında rekombinasyon sonucu ışımaya oluşmaktadır. İzleyen yıllarda OLED konusu opto-elektronik alanının en çok çalışılan araştırma alanlarından birisi olmuş, ekran ve aydınlatma uygulamaları 2000'li yıllarda ürünleşmeye başlamıştır. Vakum ortamda malzeme geliştirme çalışmalarının zorluklarından dolayı alternatif olarak polimer elektrolüminesans malzemeler solüsyon işlemleri üzerine çalışmalar da gerçekleştirilmiştir. Organik yarı iletken olan konjuge polimerler, 1977 yılında Alan J. Heeger, Alan G. MacDiarmid ve Hideki Shirakawa tarafından keşfedilmiştir (Heeger et al., 1977; Shirakawa et al., 1977). Bu yıllarda elektrolüminesans iletken polimerler üzerine yaptıkları çalışmalar neticesinde Heeger, MacDiarmid ve Shirakawa 2000 yılında Nobel kimya ödülünü kazanmıştır. 1990 ve sonrasında ışık yayan polimerler kullanılmaya başlanmıştır. 1990'da Nature dergisinde, Burroughes ve arkadaşları çift katmanlı yapıyla yüksek verimli yeşil ışık yayan polimer elde ettiklerini rapor etmişlerdir. 1991'de Y. Ohmori ve arkadaşları ilk kez PFH polimerini kullanarak mavi ışık elde etmiştir. 1999'da PPV bazlı ilk LED aygıt, R.H. Friend ve grubu tarafından geliştirilmiştir.

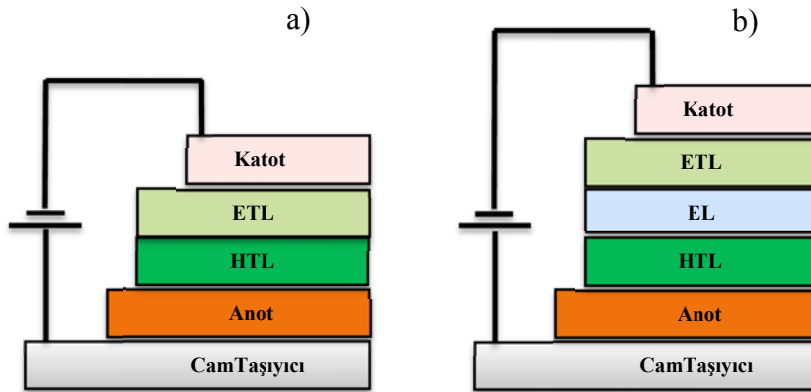
1.1 OLED Yapısı

OLED, elektrik akımı altında ışıma yapabilen bileşimi organik moleküllere dayalı bir ışık yayan diyottur (LED). İki elektrot arasına kaplanmış organik ince filmlerden oluşmaktadır. En temel OLED yapısı, tek katman için; anot, elektrolüminesans organik malzeme ve katottan oluşmaktadır. Genellikle şeffaf cam taşıyıcı altlık üzerine organik elektrolüminesans malzemenin elektrotlar arasında sandviç yapıda yerleştirilmesi ile ışık elde edilmektedir.



Şekil 1.2. Temel OLED piksel yapısı.

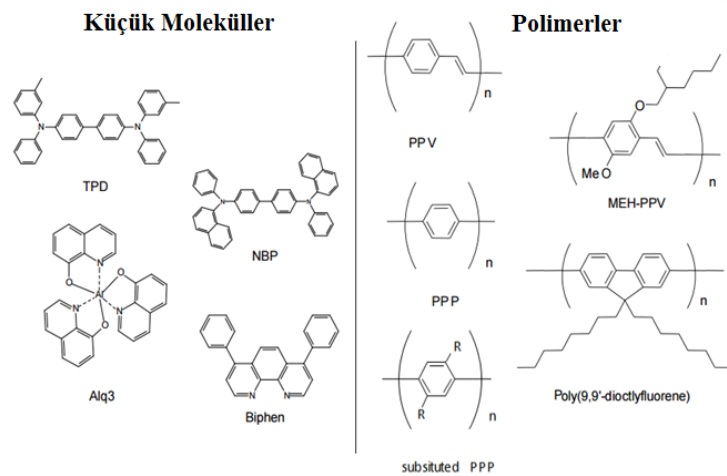
Bu yapı iki ve üç katmanlı OLED' lere göre daha düşük verime sahiptir. OLED'in verimliliğini artırmak için katman sayısı artırılır. Çift katmanlı OLED; anot, HTL (Boşluk Taşıma Katmanı), ETL (Elektron Taşıma Katmanı) ve katottan oluşmaktadır. Burada eksiton oluşum bölgesi HTL' de ise HTL emisyon katmanı olur; ETL' de ise ETL emisyon katmanı olur. Üç katmanlı OLED ise anot, HTL, EL (Emisyon Katmanı), ETL ve katottan oluşmuştur. OLED'leri yapılarında kullanılan malzemelere göre temelde iki sınıfa ayırabiliriz: Küçük molekül temelli ışık yayan diyot (Small-Molecule OLED) ve Polimer temelli ışık yayan diyot (PLED).



Şekil 1.3. a) Çift katman yapısı, b) Üç katman yapısı.

OLED'leri PLED'lerden ayıran temel fark, PLED'de polimer malzemenin kullanılıyor olmasıdır. Aşağıda, OLED ve PLED'in malzeme bazında temel farklılığını oluşturan polimer ve küçük moleküllere dair açıklamalar verilmektedir.

Küçük moleküller, daha düşük molekül ağırlıklı malzemelerdir. Bunlara örnek olarak Alq₃, TPD, NBP, Biphen malzemeleri gösterilebilir (Bkz. Şekil 1.3). Bu malzemeler çözgüde çözünemediği için ıslak kaplama işlemleriyle ince film haline getirilemezler. Ancak daha yüksek maliyet gerektiren buharlaştırıcı sistemlerinde ince film haline getirilebilirler. Küçük moleküllerin camsı geçiş sıcaklıkları, molekül ağırlıklarının az olmasına bağlı olarak daha düşüktür. Düşük camsı geçiş sıcaklığı da amorf yapıdan kristal yapıya geçme eğilimlerini arttırmakta ve kristallenme de OLED verimini ve ömrünü azaltmaktadır (Duan et al., 2010). Polimerler, küçük moleküllere alternatif olarak 1990'lı yıllarda kullanılmaya başlanan PFE (polifloren), PPV (poli fenilen vinilen), PPP (poli(p-fenilen)) malzemeleri π -konjuge sistemli polimerlere örnek olarak gösterilebilir (Bkz. Şekil 1.3). Bu malzemelerin bilinen birçok çözgüde çözünebiliyor olması, ıslak kaplama işlemleriyle (dönü kaplayıcı, püskürtme ile kaplama, saçtırma ile kaplama vb.) daha az maliyetle ince film haline getirilebilmelerine olanak sağlar. Geniş alan ve esnek altlıkla uygulamalarında kullanımları daha kolaydır (Li et al., 2005). Termal kararlılığı yüksek olan polimerlerin molekül ağırlıkları büyük olduğundan, camsı geçiş sıcaklıkları da büyüktür ve kristallenmeye karşı daha dirençlidir. Sentezi kolaydır, çeşitlendirilebilirler (Li et al., 2005).



Şekil 1.4. Küçük molekül ve polimerlere örnek kimyasal yapıları (Li et al., 2005).

1.2 OLED Teknolojisinde Yaşanan Zorluklar

Kendinden ışıma yapması, ince yapısı, düşük güç tüketimi, geniş bakış açısı ve yüksek renk kalitesi gibi özelliklerinden dolayı ışık kaynağı olarak OLED’ler ilgi çekmektedir. Beyaz ışığı elde etmek araştırmaların da odağını oluşturmaktadır. OLED’de beyaz ışık elde etmek için kırmızı yeşil mavi (RGB) renklerde ışıma yapan malzemeler birlikte kullanılmaktadır. Bunun yanında, beyaz ışık eldesinde başka yöntemler de (mavi ve turuncu-sarı malzemelerin bir arada kullanımı gibi) uygulanmaktadır. Temelde RGB OLED malzemelerinin ışıma ömrünün yüksek olması beklenmektedir. OLED aygıtın toplam ömrünü ayrı ayrı RGB OLED malzemelerden en düşük ömürlü olanı belirleyecektir. Çok uzun yıllar mavi ışığın ömrünün artırılmasına yönelik çalışmalar yürütülmüştür.

OLED malzemelerin en önemli sorunlarından birisi de zaman içerisinde yapılarının bozulmasıdır. OLED malzemenin degradasyonu üretim koşullarında maruz kaldığı oksijen, nem gibi faktörlere bağlı olabildiği gibi OLED’i süren TFT çalışma koşulları ile doğrudan ilişkilidir. Organik ışık yayan diyodun parlaklık seviyesi, sürücü transistörün akımın stabilitesi ile ilişkilidir. OLED paneli oluşturan her bir piksel bağımsız çalışmakta olup aynı kararlılıkta olması gerekir. TFT backplane olarak adlandırılan ve OLED’i süren elektronik devrenin kararlılığı, ekranın uniformity si ile doğrudan ilişkilidir. Zamanın bir fonksiyonu olarak bağımsız çalışan bu piksellerin ışık değerleri azalabilir veya tamamen bozulabilir. Piksel yanması olarak bilinen siyah nokta arıza durumu geri dönülemeyen bir hata mekanizmasıdır. Ancak, OLED piksellerin farklı ışık seviyeleri ile oluşan “Mura Etkisi” arızası ekran paneli içerisinde veya harici kompanzasyon devreleri ile sorun çözülebilir. Bunun yanı sıra çok uzun süre sürekli aynı resmin ekranda kalması da “Resim Yapışması” olarak bilinen katastrofik bir hata oluşturur. Temelde OLED paneli oluşturan her bir pikselin bir ömrü vardır. Her bir piksel normal bir yayında farklı elektriksel akım seviyelerinde sürülür ve ortalama bir ömrü vardır. Ancak, özellikle bir resimdeki logo gibi sürekli sabit kalan pikseller, panelin diğer piksellerine göre çok daha fazla yüksek akımla sürüldükleri için göreceli olarak ömürleri daha hızlı tükenmektedir. Çok uzun süreler sonrasında logonun olduğu bölgede ekranda başka bir resim olsa bile izi görülmektedir. Özellikle logo alanının kenar

sınırlarında bu etki daha belirgindir. İleri piksel işleme algoritmaları ile sürekli sabit akımla OLED'in sürülmesinin engellenmesi ve dolayısıyla OLED'in degradasyonunun azaltılması mümkündür.

Öte yandan, OLED'lerin ticari ürünlerde mevcut ekranların yerini alabilmesi için maliyetlerinin düşmesi gerekmektedir. OLED ekranların seri üretime uygun işlemler geliştirilerek teknolojileri olgunluk düzeyi artırılmalıdır. Cep telefonlarında, küçük ev aletlerinde, sayısal ürünlerde küçük boyutlu OLED ekranların seri üretimi belirli bir düzeye ulaşmış olup, TV uygulamalarında büyük ebatlı OLED ekran üretiminde kalite sorunları yaşanmaktadır.

OLED ekranları kullanan ürünlerin güvenilirlik (Reliability) seviyesi geliştirilmesi gereken bir konudur. Çok ince yapılı OLED TV'lerde; yüksek güç gereksinimi ve video işleme performansının yüksek olmasından dolayı ısı kontrol edilmesi gereken en önemli parametrelerden biridir. Isı, OLED panelin görüntü performansını olumsuz etkilediği gibi, olası arıza durumlarında yangın gibi tehlikeli sonuçlar doğurabilmektedir. OLED TV'nin arka kapak, çerçeve ve ayak gibi tüm dış yüzeyler iyi mekanik özellikleri, kolay işlenebilirliği ve yüksek kimyasal direnci sayesinde Akrilonitril-bütadien-stiren (ABS) termoplastik polimer malzemeden yapılmaktadır. ABS'nin en büyük dezavantajlarından biri doğal yanıcılık özelliğidir. Bu özellik cihazlarda yangın çıkma riskini arttırmaktadır. Bu nedenle, ABS polimerin alev geciktirici özelliklerini arttırmak gerekmektedir(Wang vd.,2004). Yangın riskini en aza indirmek amacıyla yanmazlık sınıfı V0 olan alev geciktirici katkıli kompozit malzemeler kullanılmaktadır. İnce yapılı OLED TV'lerin mevcut LCD TV teknolojisinin yerini alabilmesi için, güvenilirlik düzeyinin yükseltilmesi, Robust (Dayanıklı) mekanik tasarım, olası arıza veya kontrolsüz ısı artışlarındaki yangın riskine karşı RoHS (Restriction of Hazardous Substances) çevre direktifine uygun üründe kullanılan plastiklerin geliştirilmesi gereklidir(Qian vd.,2013). Alev geciktirici olarak polimer nanokompozitlerin alev geciktirici özelliklerinin ve termal stabilitesinin, inorganik takviye maddesinin katkı maddelerinin miktarına bağlı olarak değişimi araştırılmalıdır. Amacımız Tüketici elektroniğinde kullanılan yanmazlık test standardı UL94 / V-0 sınıflandırmasının sağlamasıdır.

1.3 Tezin Amacı ve Konusu

Bu tez çalışmasında, elektro-optik endüstrisinde kullanılacak alev dayanıklı malzeme geliştirilmesi amaçlanmıştır. Ayrıca güvenilirliği yüksek, uluslararası standartlara uygun OLED ekranlı televizyon sistem tasarımı ve geliştirilmesi gerçekleştirilmiştir.

Tez sekiz ana bölümden oluşmaktadır:

İlk bölümde, OLED'lere genel bir giriş yapılmış olup tarihsel gelişimi ve TV üretici gözüyle OLED teknolojilerindeki zorluklar incelenmiştir. Bu zorluklara bilimsel ve yenilikçi çözümlerin sunumu ve tezin genel organizasyonu açıklanmıştır.

İkinci bölümde, OLED teknolojisi ve uygulamaları hakkında teorik ve literatür çalışmaları giriş düzeyinde sunulmuştur. OLED'lerin temelleri, genel yapısı, çalışma prensibi kısaca açıklanmıştır. Ekran teknolojilerine genel bir giriş yapılmıştır. Arka aydınlatmalı LCD ekranlar ve OLED ekranların karşılaştırması yapılmıştır. OLED ekranların avantaj ve dezavantajları belirtilmiştir. OLED ekranların TV uygulaması olan Aktif Matriks OLED (AMOLED) TV sistemini oluşturan bileşenler kısaca anlatılmıştır.

Üçüncü bölümde, OLED panelli TV'nin sistem tasarımı genel hatlarıyla açıklanmıştır. İnce yapılı, yüksek güçlü AMOLED TV'nin anakart, güç kartı ve mekanik tasarım kriterleri belirtilmiştir.

Dördüncü bölümde, Elektro-optik endüstrisinde kullanılmak üzere alev geciktirici kompozit malzeme geliştirilmesi açıklanmıştır. Doğası gereği ince olan ürünün arıza durumunda olası yangında alev karşı dayanıklı olması istenmektedir. Plastiklerde kullanılan alev geciktiriciler doğaya zarar veren ağır metaller içeren kimyasallardır. Ancak, Avrupa Birliği (AB) çevre mevzuatı olan RoHS standardına göre kullanımı kısıtlanmıştır. Bu bölümde OLED ekranlı TV'lerde polimer dış yüzeylerinde kullanılmak üzere RoHS mevzuatına uygun ancak maliyeti ucuz alev geciktirici nanokompozit malzemenin üretimi,

karakterizasyonu ve testleri açıklanmıştır. Ayrıca alev geciktirici olarak kullanılan Antimontrioksit malzemesinin Huntit/hidromanyezit ile birlikte kullanımı ile sinerjik etkisi araştırılmıştır.

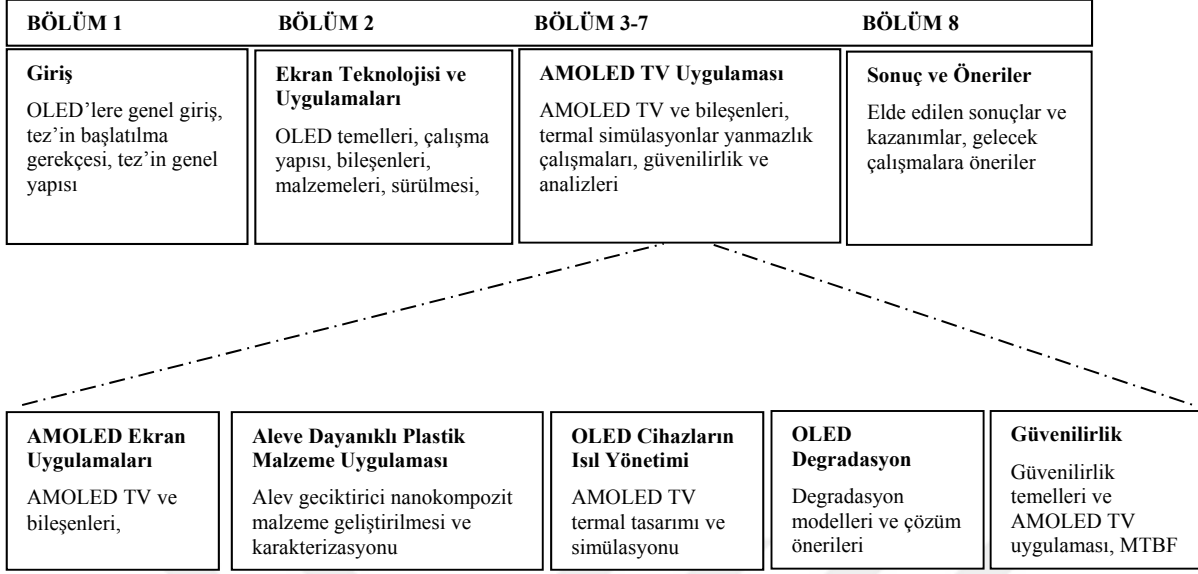
Beşinci bölümde, elektro-optik ekran örneği OLED TV prototipi'nin ısı davranışları deneysel ve nümerik olarak incelenmiştir. Çalışma iki kısımdan oluşmaktadır. Birinci kısımda ısı transferi için sıcaklık dağılımlarını iyileştirme mekanizması olarak ekran ve metal kasa arasında etkin bir ısı yayıcı kullanımı önerilmiştir. İkinci kısımda çift etkili piezo fan tasarımı önerilmiştir. Piezo fanın tasarım parametreleri belirlenmiş ve bu parametreler için nümerik analizler Comsol Multifizik programı ile yapılmıştır. Nümerik analizlerle belirlenen tasarım boyutları için deneysel ölçümler yapılmıştır.

Altıncı bölümde, OLED degradasyon modelleri kısaca açıklanmıştır. Diyodun malzeme ve mimari yapısına göre bozulma mekanizmaları dahili ve harici nedenlerden dolayı farklılık gösterebilmektedir. Ekran optik ve görüntü performansını doğrudan etkileyen nedenler incelenmiştir.

Yedinci bölümde, güvenilirlik analizleri gerçekleştirilmiştir. Laboratuvar koşullarında elde edilen deneysel stres ölçümleri "Mil-Std-217F" Elektronik komponentler için güvenilirlik tahmini standardına uygun olarak ömür analizi gerçekleştirilmiştir. Ayrıca OLED ekranın ömrünü etkileyen faktörler açıklanmıştır.

Sekizinci ve son bölümde ise; genel sonuç ve öneriler yorumlanarak tez çalışmasının temel dayanakları vurgulanmış, geleceğe dönük olası teknolojik çıktılarına ilişkin değerlendirmelerde bulunulmuştur. Tez'in şematik gösterimi aşağıda sunulmuştur.

Çizelge 1.1 Tez konusunun şematik gösterimi.

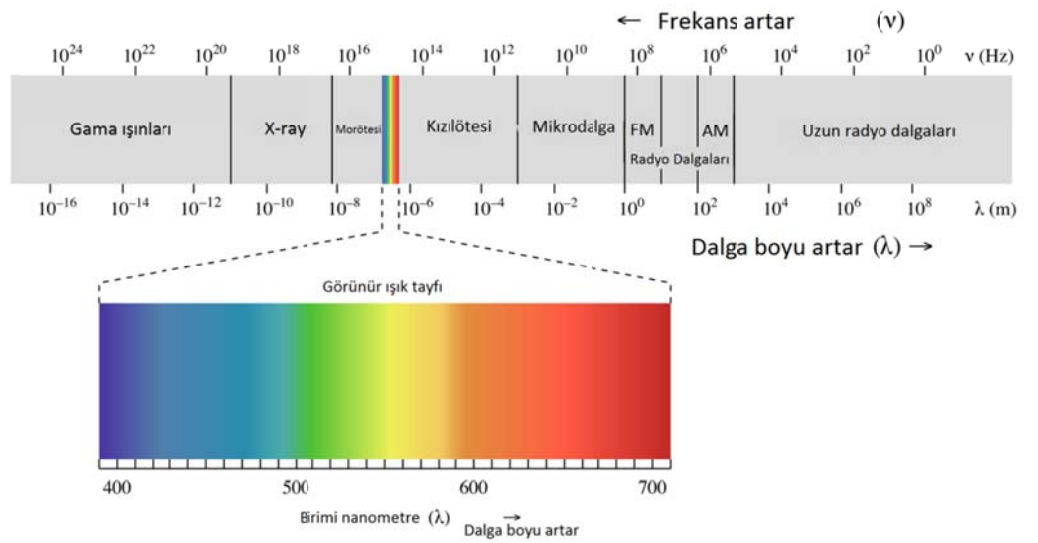


2. EKRAN TEKNOLOJİSİ VE UYGULAMALARI

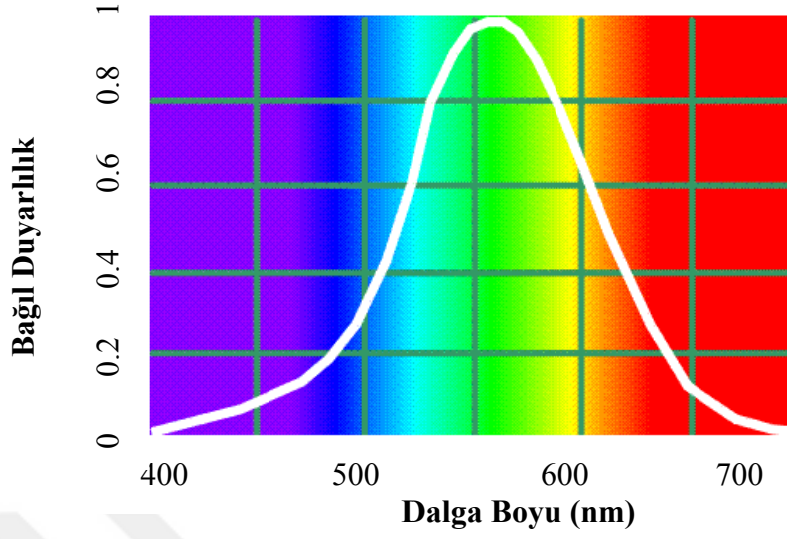
2.1 Ekran Özelliklerine Giriş

Ekran, bilgi içeren arayüzler olup, görüntü sergilemek amacıyla kullanılan elektronik veya optomekanik ayardır. Resim, animasyon ve video gibi görüntülerin yanı sıra veri de bu aygıtlar tarafından görsel olarak sergilenebilmektedir. Ekranın ana fonksiyonu resim ve renklerden oluşan görüntünün oluşmasını sağlamaktır. Ekran paneli üzerinde oluşan görüntü, insan gözünü uyuracak elektronik ve optik bileşenlere sahiptir.

Ekran birçok karakteristik özelliğe sahip olmakla beraber bu bölümde ekranın en önemli parametreleri üzerinde durulacaktır. Işık ve renk, ekranların en önemli optik karakteristikleridir. Görünür ışık, 380nm-780nm dalga boyu aralığındaki elektromanyetik spektrumu kapsar (Şekil 2.1). İnsan gözü bu bant içerisinde elektromanyetik radyasyonlara tepki gösterir. Her dalga boyundaki tepkisi de farklı olur. Gözün bu özelliği CIE (Commission Internationale de l'Eclairage) tarafından deneysel olarak belirlenmiştir. Buna gözün "Spektral Yanıtı" adı verilir (Şekil 2.2).



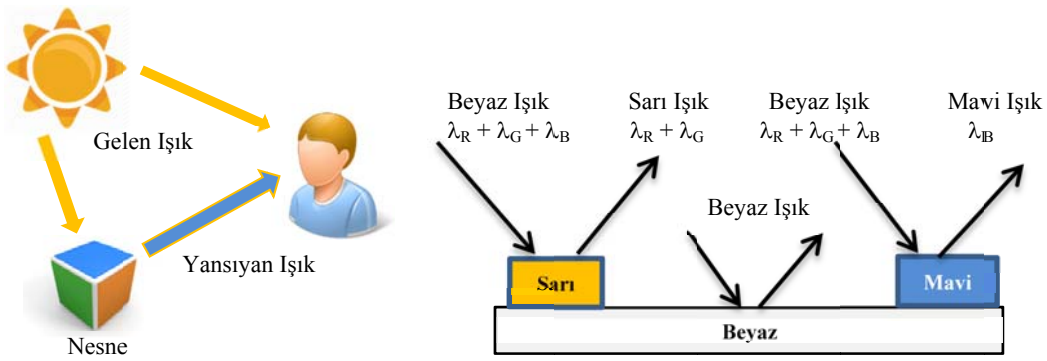
Şekil 2.1. Görünür ışığın elektromanyetik spektrumu.



Şekil 2.2. Gözün spektral duyarlılığı.

Renklerin formasyonu aşağıdaki 4 aşamalı işlemde sonra tanımlanabilir.

- Işık kaynağı
- Işık-Madde etkileşimi
- Gözün uyarılması
- Beyin tarafından tanımlanması

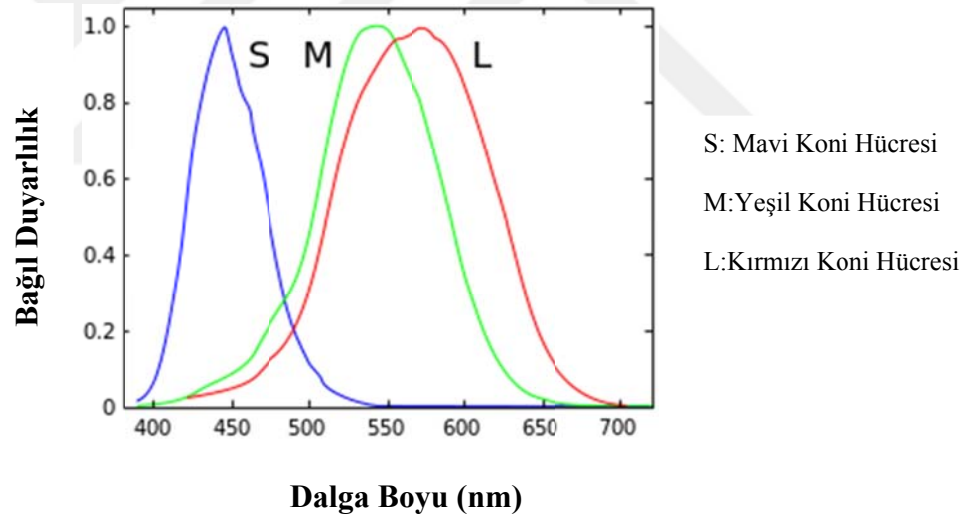


Şekil 2.3. Işık-Madde etkileşimi sonucu renklerin formasyonu.

Şekil 2.3'te görüldüğü üzere, spektral bant genişliği tüm görünür bölgeyi kapsayan güneş ışığı ile nesnenin etkileşimi sonucunda renk algılanabilir. Eğer

doğal veya yapay ışık kaynağı yoksa insan gözünü uyaracak foton yok demektir ve dolayısıyla renk olayı gözlenmez. Eğer bir ışık kaynağı varsa, nesne bu ışığın bir kısmını soğuracak ve bir kısmını yansıtacaktır. Işığın nesne ile olan bu etkileşimi sonucunda yansıyan fotonlar insan gözüne ulaşacaktır. Göz içerisinde ışığa duyarlı rod (çubuk) ve cone (koni) hücreleri vardır. Gözün içerisine gelen farklı dalga boyundaki fotonlar bu hücreleri farklı bir şekilde uyarak beyinde renk algısını oluştururlar.

Göz içerisinde kırmızı, yeşil ve mavi spektral duyarlılığında Şekil 2.4'te görüldüğü gibi 3 farklı koni hücresi bulunmaktadır. Bu 3 renkten diğer tüm renklerin elde edilmesi mümkündür. Işığı temel alarak, doğadaki tüm renklerin kodları bu üç temel renge referansla belirtilir. Her renk %100 oranında karıştırıldığında beyaz ve %0 oranında karıştırıldığında siyah elde edilir.

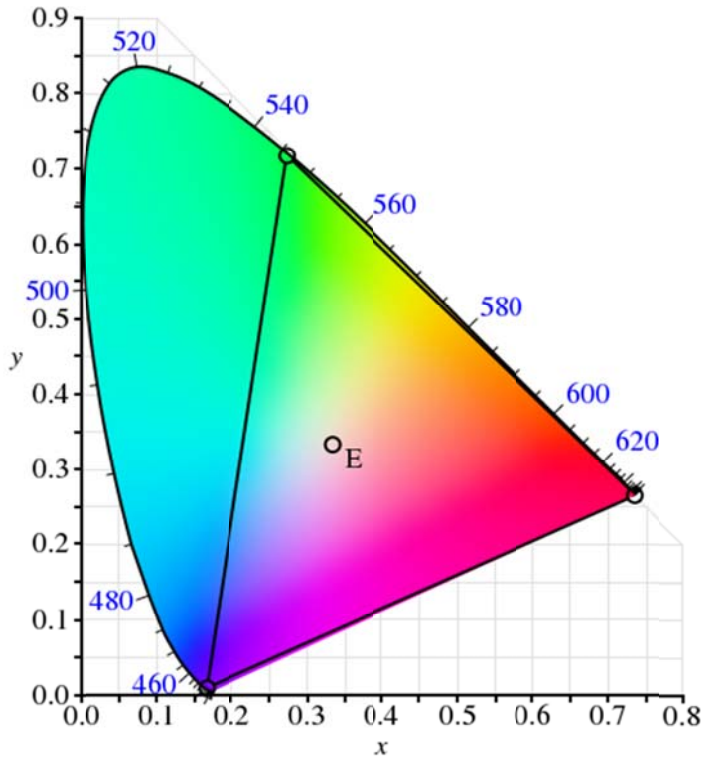


Şekil 2.4. Gözün renk spektral duyarlılığı.

XYZ modeli CIE'nin 1931'de tasarladığı ve diğer bütün renk uzayının temel yapısını oluşturan modeldir. CIE XYZ modelinde renkler ana tristimulus değerleri ile gösterilmişlerdir (Wright, 2007). CIE XYZ uzayının renk gamutu Şekil 2.5'te verilmiştir. Standart kalorimetrik gözlemci karakteristikleri üzerine kurulmuş olan RGB bazlı spektral değerlerin temel tristimulus değerlerini belirlemiştir. Bu sistemde görülür spektrumun her dalga boyu başlıca tristimulus değerlerinin kombinasyonu ile birleştirilmiş, temel tristimulus değerlerinin

sistemini ortaya koymuştur. X (Kırmızı), Y (Yeşil), Z (Mavi) tristimulus değerleri olarak CIE koordinatları olarak referans edilmiştir. CIE 1931(X,Y,Z) renk sisteminde V; stimulusun lüminesans değeri olarak set edilir ve birimi cd/m^2 dir.

2 Boyutlu CIE 1931 renk koordinat sistemi Şekil 2.5'te gösterilmektedir. Tristimulus fonksiyonları aşağıdaki eşitlikler kullanılarak x ve y koordinatlarına dönüştürülür. CIE 1931, ekranların renk optik analizlerinde kullanılan renk uzayıdır.



Şekil 2.5. CIE 1931 İki boyutlu renk uzayı (Wright, 2007).

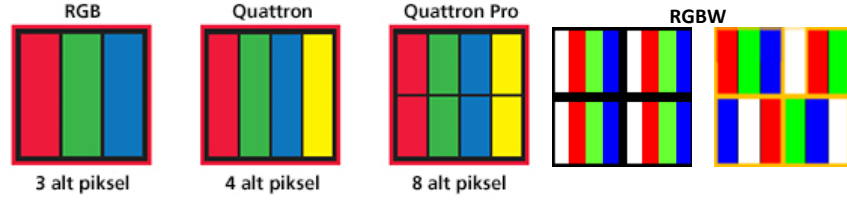
$$CIEx = \frac{x}{x+y+z} \quad (2.1)$$

$$CIEy = \frac{y}{x+y+z} \quad (2.2)$$

$$X = \frac{x}{y}V \quad Y = V \quad Z = \frac{z}{y}V \quad (2.3)$$

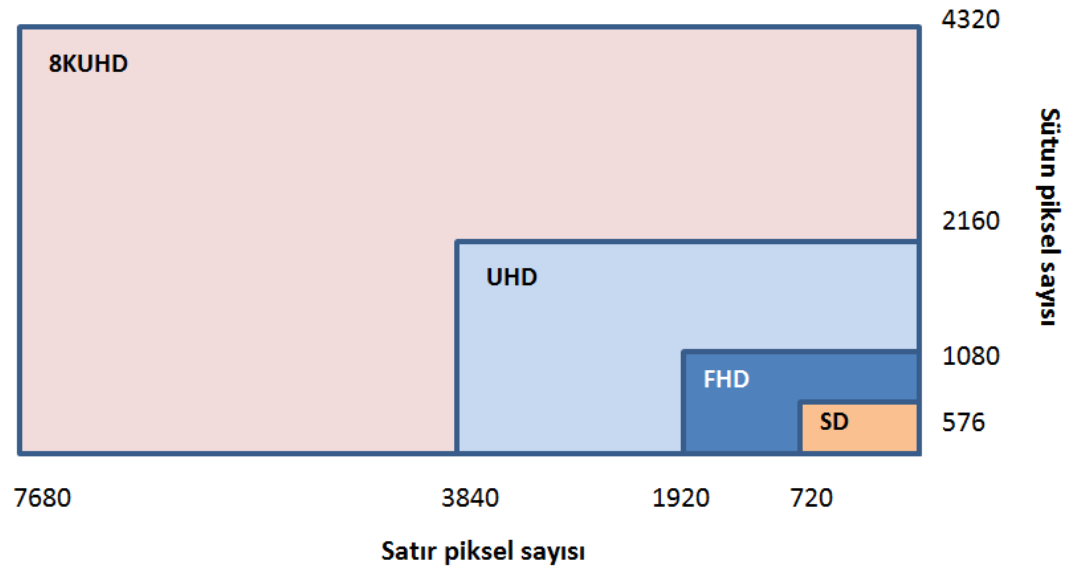
Bu denklemde V Lüminesans değeridir (Lee et al., 2008).

Ekranlarda piksel, görüntünün elde edilebilmesini sağlayan ve kontrol edilebilen en küçük birimdir. Ekran piksellerden oluşmaktadır. Ekran, eninde ve boyunda bulunan piksel sayısı ile tanımlanır. Renkli ekranlarda her bir piksel RGB alt pikseller ile tanımlanır. Şekil 2.6’da gösterildiği gibi resimdeki detayları artırarak görüntü kalitesini zenginleştirmeye yönelik yapılan çalışmalardan birisi de alt piksel sayısının artırılması ve konfigürasyonlarının değiştirilmesidir.



Şekil 2.6. Alt piksel yapısı.

Çözünürlük ise, birbirinden ayırt edilebilen nokta sayısıdır. PPI (Pixel Per Inch), birim inch başına düşen pixel sayısıdır. Günümüzde TV ekranı olarak SD (Standard Definition), FHD (Full High Definition), UHD (Ultra High Definition) 8KUHD çözünürlüklerde ekranlar kullanılmaktadır. Belirli ekran alanı içerisinde piksel sayısının artırılması ve dolayısıyla resme ait detayların artırılması ile gerçeğe en yakın görüntü kalitesi elde edebilmektedir.



Şekil 2.7. Ekran çözünürlükleri.

Çizelge 2.1 Ekran piksel sayıları.

Çözünürlük	Satır x Sütun	Piksel Sayısı	Toplam Alt Piksel Sayısı (RGB)
SD	720×576	~ 0.5 Milyon	~ 1.5 Milyon
HD	1280×720	~ 1Milyon	~ 3 Milyon
FHD	1920 x 1080	~ 2 Milyon	~ 6 Milyon
UHD	3840 x 2160	~ 8 Milyon	~ 24 Milyon
8KUHD	7680 x 4320	~ 32 Milyon	~ 96 Milyon

2.2 Ekran Türleri

Genel olarak ekranlar;

- Işımasız (Nonemissive)
- Işımalı (Emissive)

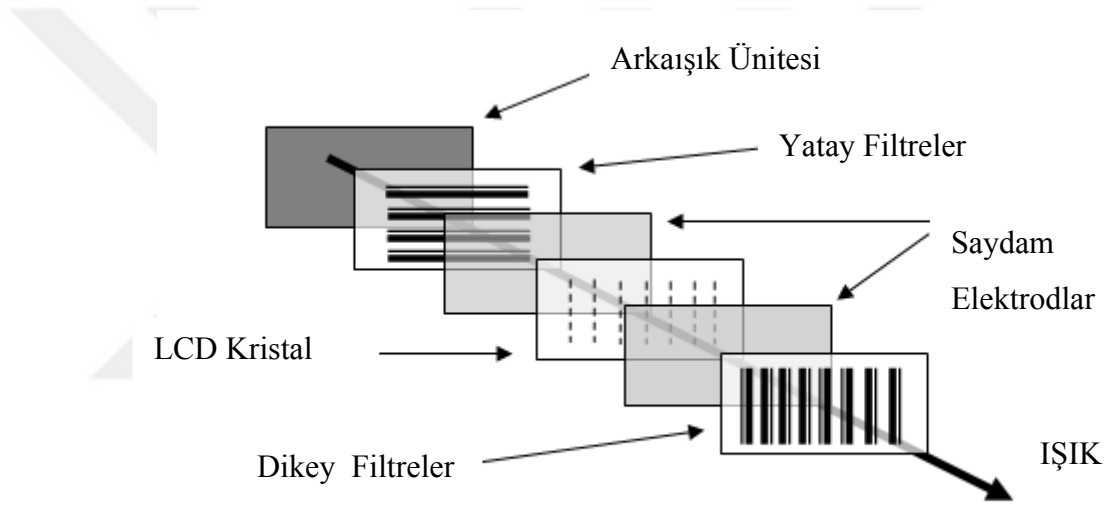
olmak üzere 2 grupta sınıflandırılabilir.

2.2.1 Işımasız Ekranlar

Kendiliğinden ışıma yapmayan ve harici bir ışık kaynağına ihtiyaç duyan ekranlardır. LCD ekranlar ışımasız ekranlardır. LCD TV'ler görüntüyü sağlayan Likit Kristal (LC) paneli, hücre (cell) ve arka ışık ünitesi (Backlight Unit, BLU) olmak üzere iki ana bölümden oluşmaktadır. LC hücre piksellerin tanımlı olduğu, görüntünün belirdiği kısımdır ancak pikseller kendinden ışıma yapmadığından arka ışık ünitesine ihtiyaç duymaktadırlar.

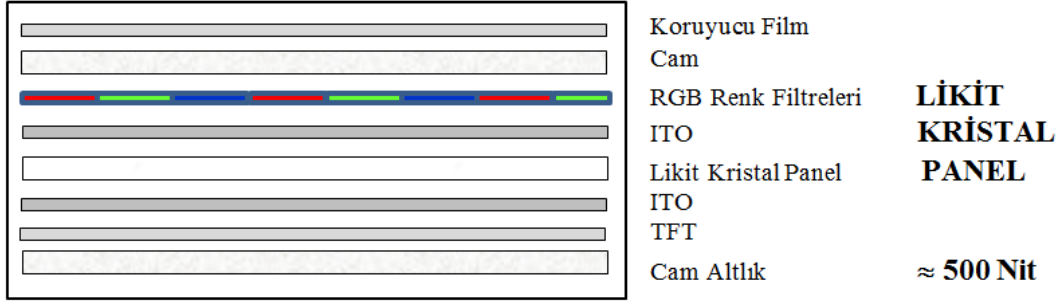
LCD, ışığın polarizasyonu üzerine kurulu bir sistemdir. Işık LC hücreye girmeden önce tümüyle polarize olmalıdır. Bu, LC hücrenin en arka kısmında bulunan polarizör sayesinde gerçekleşir. Absorbsiyon esasıyla çalışan bu polarizasyonda ışık şiddeti kaybı çok fazla olur (~%50). Işık daha sonra LC hücreden geçerken polarizasyonu 90° değişir.

Difüzör ve polarizörlerden oluşan optik tabakalar ile homojen ışık, arka aydınlatma ünitesinden Likit kristallerin yer aldığı katmana ulaşır. Likit kristal molekülleri ışığın geçip geçmemesine göre çalışan optik anahtar görevindedir. Hücre içindeki Likit kristal, ışık içinden geçerken, polarizasyonu kademeli olarak döndürür (Malus kanunu). Hücre içindeki üniaksiyel kristaller bir yüzeyden diğerine burulmuş bir şekilde dizilir ve bu dizilim bir yüzeyden diğerine elektrik alanının polarizasyonunu 90° değiştirir. Şekil 2.8’de de görüldüğü gibi analizör (üst polarizör) gelen ışığın tamamını geçirebilir (white). Likit kristallerin bu dizilimi elektriksel olarak indüklenebildiği gibi (normally black) hücrenin camlarına uygulanan işlem sayesinde kendiliğinden de oluşabilir (normally white).

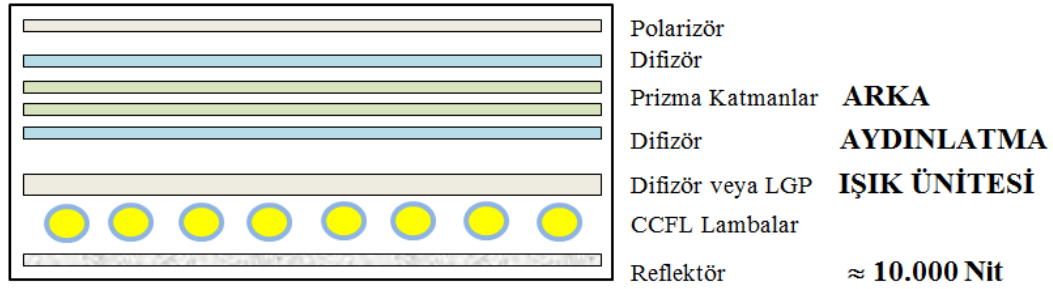


Şekil 2.8. LCD ekranlarda ışığın izlediği yol.

Arka aydınlatma ışık ünitesinde beyaz ışık kullanılmaktadır. Beyaz ışıktan RGB renk filtreleri kullanarak diğer renkler elde edilmesi mümkündür. CCFL (Cold Cathode Fluorescent Lamb) veya LED kaynağı olabilmektedir. Elektrottan kopan elektronlar cam tüpün içinde bulunan civa atomlarına çarparak en üst seviyedeki elektronlarını uyarırlar. Üst seviyeye çıkmış olan elektron tekrar alt seviyeye indiği anda EM dalga yayınlr. Civa atomundan çıkan EM dalga UV seviyesindedir. UV ışımaya camın dış yüzeyinde bulunan fosforun elektronlarını uyarır. Uyarılan elektronlar kararlı seviyeye geçerken, görünür bölgede EM dalga yayılımı gerçekleşir.

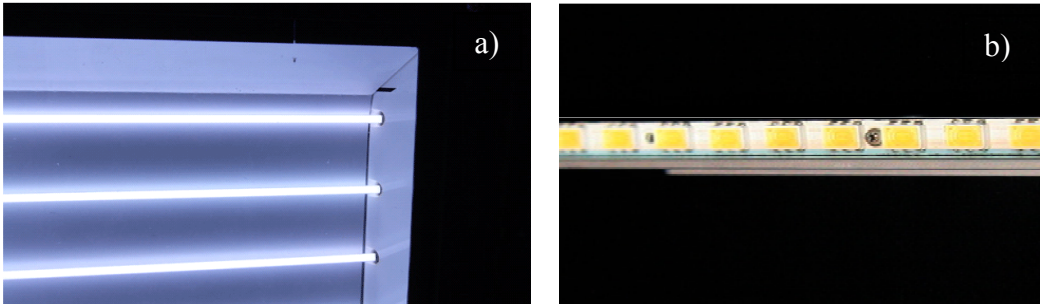


Şekil 2.9. Likit kristal panel ünitesi.



Şekil 2.10. LCD arka aydınlatma ışık ünitesi.

CCFL arka aydınlatmalı LCD ekranlar kontrast oranının düşük olması, sürekli olarak arka ışık ünitesinin açık olması, optik tabakaların ısıya bağlı olarak form değiştirmesi ve dolayısıyla ışık sızdırması ve elektriksel kontrolü zor olan alternatif akım ile sürülmesidir.



Şekil 2.11. a) CCFL, b) LED arka aydınlatma ışık ünitesi.

LED arka aydınlatmalı ekranlar, diziliş şekline göre:

- Kenardan aydınlatmalı (Edge Type)
- Doğrudan aydınlatmalı (Direct Type)

olmak üzere 2'ye ayrılmaktadır.

Kenardan aydınlatmalı arka ışık ünitelerinde LED dizisi ekranın kenarlarına yerleştirilir. En önemli avantajı, ince yapılı tasarımın gerçekleştirilebilmesidir. Ancak, ışığın kenarlardan geometrik olarak ekranın ön kısmına aktarabilmek için ek olarak LGP (Light Guide Plate) optik katmanı kullanmak gerekir. Bu katman üzerinde özel bir paternde yerleştirilmiş film kaplama ile ışığın kırılması sağlanarak kenardan ekranın ön tarafına geçirilmesi sağlanmaktadır. Arka aydınlatma ünitesinde yer alan her fiziksel katman toplam ışığın ön tarafa ulaşmasında kayıp oluşturmaktadır. Bu tür ekranların ısıl güvenilirliği (Thermal reliability) düşüktür. Uygun yapılmayan termal tasarımlar sonucunda LED dizisinin üst kısmında sıcaklık dağılımının fazla olmasından kaynaklanan performans sorunları ile karşılaşmaktadır. Ekran kapalı bir modül olduğu için soğutma teknikleri uygulanarak istenilen güvenilirlik sağlanır. TV uygulamalarında, ses istenmeyen bozucu bir etki olduğundan fanlı aktif soğutma yerine pasif soğutma uygulanmaktadır.

Isı problemlerinden oluşan optik performans kaybını azaltmak amacıyla doğrudan LED aydınlatmalı arka ışık ünitesi kullanılmaktadır. LED dizisi, panelin arka yüzeyine yerleştirildiği için ışık doğrudan ön yüzeye aktarılabilir. Dolayısıyla LGP kullanılmamaktadır. Yüksek güçlü yüksek ışık verebilen optimum sayıda Beyaz LED'ler kullanılmaktadır. Ancak ışığın verimli olarak aktarılabilmesi için belirli bir kalınlığa ihtiyaç duyulmaktadır. Dolayısıyla ilk bakışta LED ekranların türünü anlamak için kalınlığına bakmak yeterlidir.



Şekil 2.12. Kenardan aydınlatmalı LED arka aydınlatma mekanik yapısı ve LED dizilişi (Vestel Elektronik izni ile).

LED arka aydınlatma ışık ünitesi tasarımında en kritik aşama LED jonksiyon sıcaklığının kontrol altında tutulmasıdır. Yüksek jonksiyon sıcaklığı, LED'lerin ömürlerinde azalmaya ve bu üniteye kullanılan optik katmanların performansının azalmasına neden olmaktadır. LED arka aydınlatmalı TV ekranları modül olarak toz ve partiküllere karşı korumalı ve dış ortama kapalıdır. TV'nin en fazla güç harcayan ve dolayısıyla ısı üretilen kısmı da bu modül yapının içidir. Dolayısıyla ısı iletim yoluyla dağıtımı yapılarak uygun optomekanik tasarım yapılması gereklidir. Arık ve Karşlı'nın 2014 yılında yaptığı çalışma sonucunda istenen güvenilirlik düzeyinin sağlanması için panel içerisindeki kritik sıcaklıkları aşmaması gerektiği belirtilmiştir (Arık ve Karşlı, 2014).

Çizelge 2.2 LCD panel izin verilen kritik sıcaklıklar(Arık ve Karşlı, 2014).

	Max. İzin Verilen Sıcaklık (°C)
LED Jonksiyon	150
LC cell yüzeyi	65
Optik Filmler	85
LGP	90

2.2.2 Işımalı Ekranlar

CRT, Plazma ekranlar, LED ve OLED'ler gibi kendinden ışımaya yapabilen ekranlar, insan gözünü doğrudan uyaran farklı ışık yoğunluğunda ve renklerde piksellerden oluşur. Kendinden ışımaya yapabildiği için arka aydınlatma ışık ünitesi kullanılmasına gerek yoktur. Dolayısıyla fiziksel yapısı daha incedir. Günümüzde CRT ve plazma ekranlar neredeyse kullanılmamaktadır. Yoğunlukla LED arka aydınlatmalı TFT LCD ekranlar kullanılmaktadır. Ancak sağladığı avantajlardan dolayı OLED ekranlar geleceğin ekran teknolojisi olmaya en güçlü adaydır.

Bu bölümde OLED teknolojileri ve ekran uygulamaları üzerinde durulacaktır.

2.3 OLED'in Temelleri

Organik yarı iletken malzemelerin geliştirilmesi üzerine birçok çalışma gerçekleştirilmiştir. Organik yarı iletkenler, esasen 1.5-3 eV arasında enerji bandı aralığına sahip karbon atomlarından oluşur ve görünür spektral aralıkta ışık emisyonu veya emilimine neden olurlar. Ayrıca, organik yarı iletkenler, düşük yük taşıyıcı mobiliteye sahip yalıtkan olarak görülmesine rağmen, son yıllarda, amorf silikondan ölçülen mobilité $1 \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ 'yi aşan organik yarı iletkenlerde mobilité rapor edilmiştir (Haldi, 2008).

Organik yarı iletkenler, küçük moleküller ve polimerler olmak üzere ikiye ayrılır. Organik küçük moleküllerin karbon atomları daha azdır. Polimer, kovalent bağlarla bağlanan tekrarlanan birimlerle büyük bir molekül oluşturur. Bu iki malzeme sınıfı arasındaki en önemli fark, ince film üretim tekniklerinin farklı olmasıdır. Küçük molekül organik malzemelerin ince filme, gaz fazında süblimleşme veya buharlaştırma yöntemi ile biriktirilmesi ile geliştirilir. Organik Polimerlerin ince filmi, çözelti fazında spin kaplama veya baskı tekniği ile oluşturulabilir. Bununla birlikte, her ikisi de moleküllerdeki hibritlenmiş karbon atomları tarafından oluşturulan benzer bir elektronik yapıya sahiptir.

İki atom birbirine örtüşerek hibrid orbitaller üzerinden bağlandığında, sigma (σ) ve pi (π) bağı oluşur. Bu bağlar organik yarı iletkenlerde bir σ -bağı ve bir veya iki π -bağından oluşan tekli ve çiftli bağlar oluştururlar. π bağları, hibridize edilmemiş p orbitalleri nedeniyle yan yana örtüşme yoluyla oluşur. P-orbitalleri arasındaki zayıf bağlanma nedeniyle π bağları σ bağlarıyla karşılaştırıldığında zayıf olur. Dolayısıyla, bu orbitallerdeki elektronların delokalizasyon eğilimi daha fazladır. Bu delokalizasyon, elektrik taşıyan organik yarı iletkenlerde yük taşıyıcılarının hızlı hareket etmesini sağlar. Moleküler orbitallerde elektronların delokalizasyonu nedeniyle meydana gelen dalga fonksiyonları, bir elektronun sadece bir atom üzerinde değil, tüm molekül üzerindeki konumunu tanımlamaktadır. N karbon atomlu molekül için, temel enerji seviyesinde, en düşük enerjilerin molekül orbitalleri Pauli prensibine göre zıt spinli iki elektron ile doldurulur. Kimyada, HOMO (Highest Occupied Molecular Orbital) ve LUMO (Lowest Unoccupied Molecular Orbital) iki moleküler orbitaldir. Bu iki bant arası

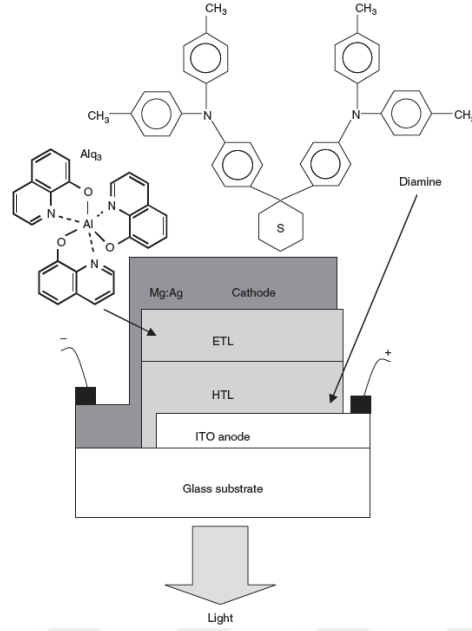
boşluğa, HOMO-LUMO aralığı denir. HOMO ve LUMO inorganik yarı iletkenlerdeki sırasıyla valans ve iletkenlik bandına karşılık gelmektedir (Brütting, 2005).

İlk kez 1953'te Bernanose ve arkadaşları tarafından akridin oranj (acridine orange) ve kinakrin (quinacrine) kristal ince filmlerine AC gerilim uygulayarak organik malzemeden elektrolüminesans elde edilmiştir.

1963 yılında Weiss ve arkadaşları tarafından iyodür doplu oksidize polipirol (oxidize polyprole) maddesinin yüksek iletkenliğe sahip olduğu rapor edilmiş ve reaktif katotun ilk kez kullanıldığı boya doplanmış organik maddeli elektrolüminesant cihaz yapılmıştır.

Ancak, hiçbir çalışma ticari bir başarı getirmez iken, 1987' de Kodak araştırma laboratuvarında C. Tang ve Van Slyke' ın hetero-eklem çift katmanlı küçük moleküllerin vakum kaplama metoduyla, çift katmanlı OLED yapmışlar ve düşük gerilimde (6V'dan düşük) yüksek parlaklıklı ve yüksek verimde çalışmayı başarmışlardır. 1987 yılında Tang ve Van Slyke yaptığı çalışmada, küçük molekül tris (8-Hidroksi quinolin) Al (Alq3) tabanlı yüksek verimli, yeşil ışık veren ince film OLED aygıt elde etmeyi başarmıştır. Harici Kuantum Verimliliği (External Quantum Efficiency) sadece %1 ler civarında olan temel OLED piksel yapısı Şekil 2.13'te verilmiştir (Tang et al., 1987).

İki farklı elektrot arasına organik elektrolüminesans malzemenin sandviç formda yerleştirilmesi suretiyle oluşan OLED'ler; kendinden ışıma yapmasından dolayı yüksek parlaklık ve ince fiziksel yapısı, yüksek kontrast oranı, çok geniş bakış açısı, yüksek renk doygunluğu, hızlı piksel yanıtı, düşük enerji tüketimi ve düşük üretim maliyetleri gibi önemli avantajlara sahiptir.



Şekil 2.13. Temel OLED yapısı (Tang et al., 1987).

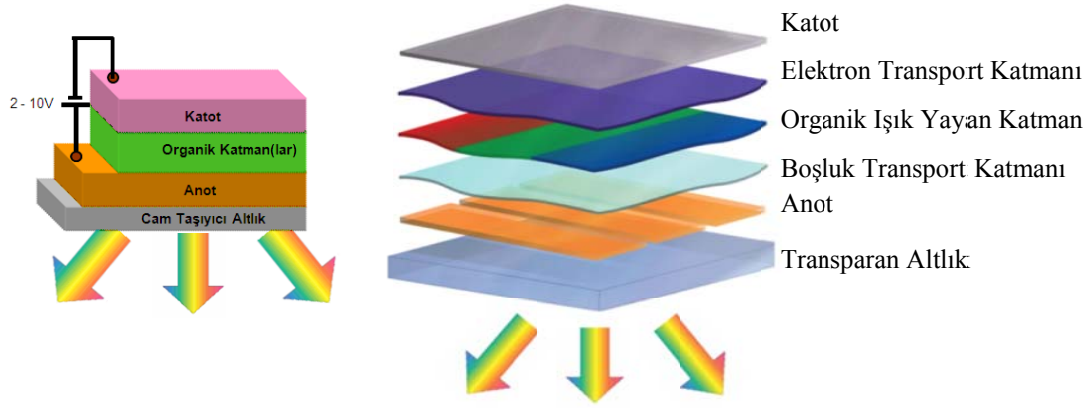
OLED verimliliğini artırabilmesi için anot ve katot elektrotları arasındaki katman sayısı artırılmaktadır. Böylelikle elektrolüminesans katmandaki elektron-boşluk rekombinasyonu olasılığı ve dolayısıyla kuantum verimliliği artırılmaktadır.

Ekran uygulamalarında OLED'lerin güçlü rakibi LCD ekranlardır. Gelecekte OLED'lerin önemini arttıracak birkaç nokta mevcuttur: OLED ekranlar incedir ve hafiftir, düşük gerilimde çalışabilir, iyi kontrast sergiler, hızlı kanal değişimi ve geniş izlenebilirlik sunarlar. Bununla birlikte, OLED'lerin geleneksel ekranlarla kıyaslanmasında düşürülmesi gereken maliyetleri en önemli faktörlerdendir (Bardsley, 2004).

Aydınlatma uygulamalarında beyaz OLED'ler ile elde edilebilen yüksek güç verimleri, OLED'lerin önemli avantajlarındanıdır.

2.3.1 OLED Yapısı ve Çalışması

Tipik bir OLED yapısı; alüminyum veya gümüş gibi yansıtıcı metal üst elektrot ile ITO (indiyum katkılı kalay oksit) gibi saydam alt elektrot arasında tek tabaka organik ışık yayan malzemenin sandviç yapıda yerleştirilmesi ile oluşur.



Şekil 2.14. Temel OLED yapıları a) Tek katman OLED, b) Çok katman OLED (Gu and Forrest, 1998).

OLED katmanlarında kullanılan malzemeler aşağıdaki çizelgede örnek olarak verilmiştir.

Çizelge 2.3 OLED katmanları malzeme örnekleri.

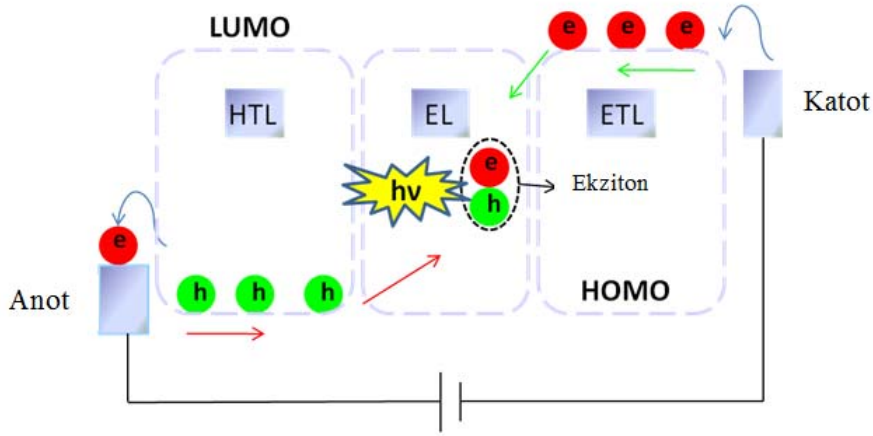
Anot	Indium Tin oxide (ITO) - transparent
HTL	4,4'-Bis(fenil-m-tolilamino)bifenil, TPD 4,4'-Bis(N-1-naftil-N-fenilamino)bifenil, NPB Poli(3,4-etilendioksitiyofen) poli(stirensulfonat), PEDOT/PSS
EML	Aluminyum tris(8-hidroksikinolin), Alq ₃ Poli(9,9'-dioktilfluoren), PFO dopant; N,N'-Di-izoamil kuinakridon, DIQA
ETL	9-Dimetil-4,7-difenil-1,10-fenantrolin, BCP Aluminyum tris(8-hidroksikinolin), Alq ₃
Katot	Al, Ca, Mg / LiF

OLED'lerin çalışması inorganik LED'lerin çalışmasına benzemektedir. Elektrotlar arasına gerilim uygulanarak boşluklar, Boşluk Transport Katmanı'nın HOMO düzeyine anot tarafından; elektronlar, Elektron Transport Katmanı'nın LUMO düzeyine katot tarafından enjekte edilir. Elektron ve boşluklar organik ışık yayan katmanda rekombinasyon sonucu ekzitonlar oluşur. Bu elektron-boşluk çiftlerinin uyarılmış konumdan temel düzeye geçişi esnasında ışık yayılımı gerçekleşir. OLED'lerde oluşturulan eksitondan gelen

enerji transferleri, verimli aygıtlar elde etmek için önemli roller oynamaktadır. Förster ve Dexter mekanizmaları adı verilen bu enerji transferleri, OLED'lerde şarj rekombinasyonuna yol açan hem singlet hem de triplet eksiton göçlerini sağlar (Wu et al., 2009).

Tabakalar arasında yük iletimi son derece önemlidir ki bu iletim, elektrotlara uygulanacak küçük bir eşik sinyali ile başlatılır. Elektrotların biri anot (pozitif elektrot), diğeri katottur (negatif elektrot). Anot maddesi olarak genellikle indiyum katkılı kalay oksit kullanılır. Görünür ışıktaki geçirgendir ve iş fonksiyonu, boşlukların polimere enjeksiyonunu kolaylaştırabilecek kadar yüksektir. Katot maddesi olarak ise genellikle alüminyum ve kalsiyum metalleri, iş fonksiyonlarının düşük olması sayesinde elektronların polimere enjeksiyonunu kolaylaştırdığından ve iç direncinin düşük olması nedeniyle tercih edilir (Aratani et al., 1994; Braun et al., 1991).

OLED aygıttan ışık elde edebilmek için elektrolüminesans katmanda elektron ve boşlukların rekombinasyonunun gerçekleşmesi gereklidir. OLED, pozitif gerilim uygulandığında iletme geçip, direnci minimum olan; negatif gerilim uygulandığında ise kesilime geçip, maksimum dirence sahip olan bir diyottur. Anot negatif kutuplandırılırsa; boşluklar anot, elektronlar katota doğru taşınır ve rekombinasyon gerçekleşemez, cihazda ışık oluşamaz. OLED aygıtta bu rekombinasyon özellikleri tek bir katmanda elde etmek güçtür ve buna bağlı olarak verimlilik düşük olmaktadır. Bu nedenle çok katmanlı hem elektron taşıma katmanı hem de boşluk taşıma katmanı olarak işlev görmek üzere yerleştirilen polimer ve küçük moleküllü filmler yerleştirilerek, elektrotlar arasında maksimum yük taşıyıcı enjeksiyonu gerçekleştirilir.

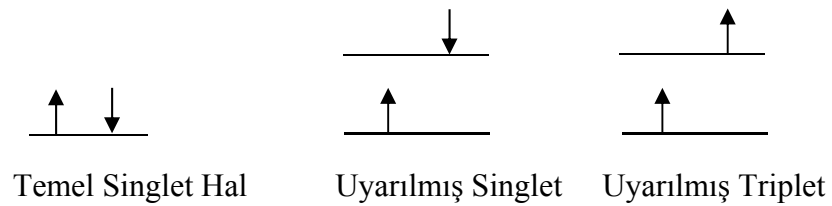


Şekil 2.15. OLED çalışması şematik gösterimi.

Şekil 2.15'te tek katman OLED yapısı ve elektrik alan uygulandığında, katmanlardaki maddelere ait ilgili enerji band diyagramı gösterilmektedir. Elektrik alan sebebiyle tüm organik tabakada moleküler düzeyde ve Fermi enerji seviyesinde bir eğilme oluşur. Boşluklar anot ve elektronlar katottan organik tabakaya doğru enjekte olur. Boşluklar, elektrik alan yönünde, HOMO (the highest occupied molecular orbitals) karşısında ve elektronlar ise LUMO (the lowest unoccupied molecular orbital) karşısında elektrik alana zıt yönde hareket ederler. Mobilitelerine bağlı olarak elektron ve boşluklar organik tabakada birleşir. Bu konum rekombinasyon bölgesi olarak tanımlanır, yükler henüz ışık yaymadan hemen önceki uyarılmış hal formundadır. Oluşan fotonlar üst kontakta yansır veya saydam alt-kontaktan doğrudan yayılır. Bazı fotonlar total yansımalar sebebiyle organik tabakada veya camda tuzaklanır. Bu saydam alt elektrottan OLED'ler, azimut açısını aşan I foton şiddeti izotropik dağılımı gibi Lambertian ışımalı dağılım sergiler.

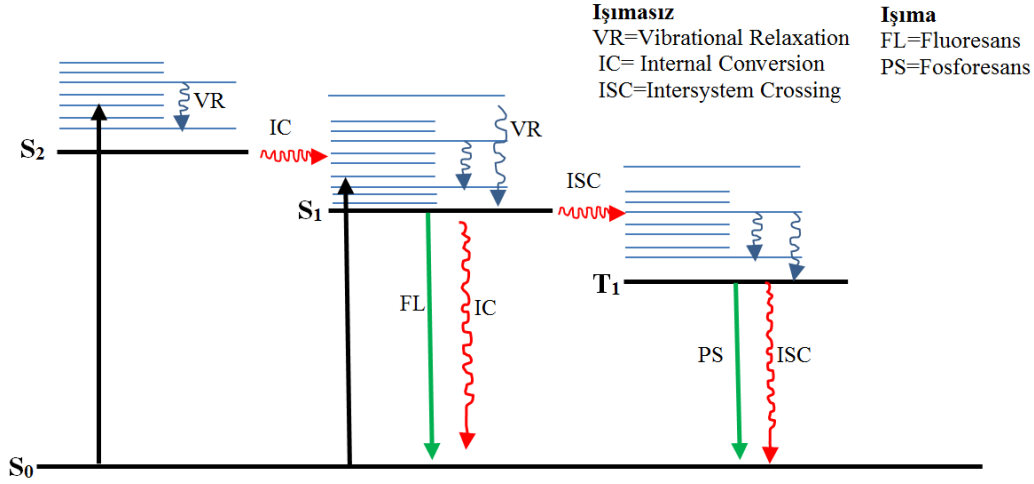
2.3.2 OLED İçerisinde Rekombinasyon Olayı ve Işık Yayılımı

İki atom arasındaki bir bağ, bağları oluşturan bir çift elektronun atomik orbitallerinin üst üste düşmesiyle oluşan bir veya daha fazla moleküler orbitalden oluşur. İki atomik orbitalin birleşmesiyle bir bağ orbitali ve bir anti-bağ orbitali meydana gelir. Bağ orbitalinin enerjisi, anti-bağ orbitalinin enerjisinden düşüktür. Bu nedenle temel halden uyarılma ile gelen elektronlar buraya yerleşirler. Işık, elektrik veya kimyasal yolla gerçekleşen uyarılma işlemi, elektronların düşük enerji seviyesinden daha yüksek enerji düzeyine yükseltilmesidir. Her bir moleküler orbitalin elektronik enerji seviyesi üzerinde birbirine çok yakın bir seri titreşim enerji seviyeleri bulunur. Pek çok molekülde çift sayıda elektron bulunur. Pauli dışlama ilkesine göre bir orbitaldeki 2 elektronun spinleri birbirinin zıttıdır. Yani çiftleşmiş spinlerdir. Spin çiftleşmesinin net elektron spini yoktur ve molekül diamanyetik özelliktedir. Bir molekülün elektronlarından biri daha yüksek bir enerji seviyesine uyarıldığında 1 singlet ve 1 triplet hal oluşur. Tüm elektron spinlerinin çiftleştiği bir moleküler elektronik hale Singlet (Tekli) hal denir. Temel haldeki singlet düzeyi S_0 , birinci uyarılmış singlet düzeyi S_1 , ikinci uyarılmış singlet düzeyi S_2 dir. Temel haldeki elektronla çiftleşmiş olup, elektron spinleri anti-paralel'dir. Triplet durumunda ise iki elektronun spinleri çiftleşmiş değil ve paralel durumdadır. Hund kuralına göre, en düşük triplet seviyesi T_1 , en düşük uyarılmış singlet seviyesi S_1 enerji seviyesinin altında yer almaktadır.



Uyarılmış bir molekülde elektronlar birkaç mekanik kademe ile temel haline geri dönerler. Bu geçişlerin bazılarında ışık yayımı gözlenir (Fluoresans, Fosforesans), bazılarında ise ışık yayımı gözlenmez (İç dönüşüm, sistem arası geçiş). Uyarılmış molekülün diğer moleküllerle olan çarpışmaları uyarıldığı enerji seviyesinin en düşük titreşim seviyesine gelene kadar enerjisinin düşmesine sebep olur. Bu işlem genellikle Jablonski diyagramıyla açıklanır. Jablonski diyagramı, dikey ekseninde enerji seviyelerinin sıralandığı, molekülün ışık ve ışık olmayan

proseslerinin ve sürelerinin tanımlandığı şematik bir gösterimdir. Şekil 2.16’de Jablonski diyagramı ve bileşenleri gösterilmektedir.



Şekil 2.16. Jablonski diyagramı.

Elektron, S_0 temel enerji düzeyinden S_1 , S_2 .. S_n enerji düzeylerine uyarıldığında bu düzeylerde çok uzun süre kalamayacaktır. Temel düzeye geçmek isteyecektir. Bu esnada ışımalı ve ışımasız geçişler gerçekleşmektedir. Vibrational relaxation (Titreşimsel gevşeme), Internal Conversion (İç Dönüşüm) olayı ve Intersection Crossing (Sistamarası Geçiş) olayları ışımasız olaylardır. Molekül içi çarpışmalar ile ışımasız enerji yayılır ve ısıya dönüşür. Yaklaşık süreleri aşağıda verilmiştir.

$$k_{IC} \approx 10^{-14} - 10^{-12} \text{ sn } (S_2 \rightarrow S_1)$$

$$k_{IC} < 10^{-8} \text{ sn } (S_1 \rightarrow S_0)$$

$$k_{ISC} \approx 10^{-8} - 10^{-7} \text{ sn } (S_1 \rightarrow T_1)$$

$$k_{ISC} \approx 10^{-4} - 10^{-1} \text{ sn } (T_1 \rightarrow S_0)$$

$$k_{VR} \leq 10^{-13} \text{ sn}$$

Bunun yanı sıra iç dönüşüm ve sistamarası geçişlerin aksine fluoerans ve fosforesans olaylarında ışıma gerçekleşmektedir. Anot ve katot’tan enjekte edilen elektron ve boşluklar organik elektrolüminesans katmanda rekombinasyon olayı sonucunda ışık meydana getirir. Rekombinasyon, ışık formunda (foton yayımı) veya ışık yaymayan formda (fonon yayımı) olabilir. Spin singlet taban durumuna

(S₀) uyarılan (S₁) spin singlet radyasyon geçişlerine izin verilir, ancak spin triplet uyarılmış halinin (T₁) taban durumuna geçmesi yasaklanmıştır. Tüm bu geçişler Floresans olarak bilinir ve genellikle 10⁻⁹ ve 10⁻⁷ s arasında gerçekleşir. Spin-triplet durumuna (T₁) temel durumuna geçiş esnasındaki yayılım Fosforesans olarak adlandırılır ve 10⁻⁶ ve 1s arasında gerçekleşir. Fosforesans geçişleri daha uzun ve kalıcıdır. Flüoresans spektroskopisi çoğunlukla elektronik ve titreşimsel halleriyle ilgilenir. Genellikle incelenen örnekler temel haldedir ve daha yüksek enerji seviyesine uyarılabilir. Her enerji seviyesinde farklı titreşim seviyeleri vardır. Flüoresans spektroskopisinde öncelikle malzeme foton absorpsiyonu ile temel seviyeden uyarılmış seviyelerden birine sıçrar. Triplet durumdan Singlet duruma geçme olasılığı, Singlet durumdan başka bir singlet duruma geçme olasılığından düşüktür. Yaklaşık süreleri aşağıda verilmiştir.

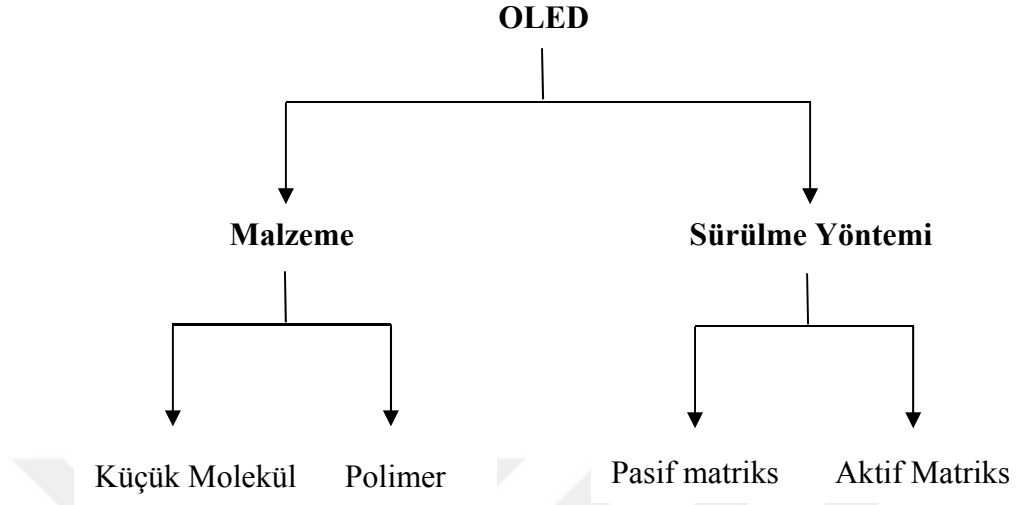
$$k_{FL} \approx 10^{-9} - 10^{-7} \text{ sn } (S_1 \rightarrow S_0)$$

$$k_{PS} \approx 10^{-4} - 10^1 \text{ sn } (T_1 \rightarrow S_0)$$

Molekül temel haldeki titreşim seviyelerinden birine düşer ve bu esnada bir foton yayar. Moleküllerin düştükleri titreşim seviyelerine göre yaydıkları fotonların enerjisi ve doğal olarak frekansları farklıdır. Böylece flüoresan spektroskopide yayılan farklı frekanstaki ışık ışınlarının frekans ve şiddetlerinin analiziyle farklı titreşim seviyelerinin yapıları belirlenebilir.

2.3.3 OLED Türleri

OLED, malzeme yapısına ve sürülüş tekniklerine göre Şekil 2.17 'de gösterildiği gibi sınıflandırılabilir. OLED'ler kullanılan organik malzemenin türüne göre küçük molekül OLED ve polimer OLED olarak adlandırılır.



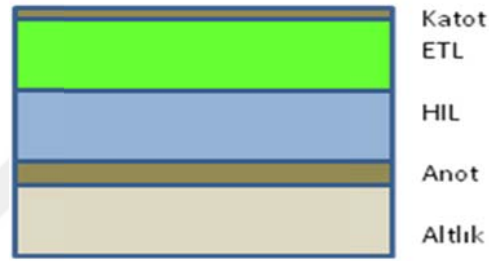
Şekil 2.17. OLED türleri.

Moleküler ağırlığı oldukça küçük olan bu malzemeler vakum ortamda ısıtılarak buharlaştırma (thermal evaporation) yöntemi ile nanometre seviyelerinde ince film olarak kaplanabilmektedir. Verimliliği artırmak için elektrotlar arasına başka organik malzemeler kaplanmak suretiyle çok katmanlı olarak üretilebilmektedir. Şekil 2.18’de bu çok katmanlı yapı detaylı bir şekilde gösterilmiştir. Dolayısıyla verimliliği daha yüksek olmakla beraber üretim maliyeti de aynı zamanda artmaktadır. Özellikle küçük boyutlu ekranların üretimi için uygun bir yöntemdir.



Şekil 2.18. Küçük molekül OLED katman yapısı.

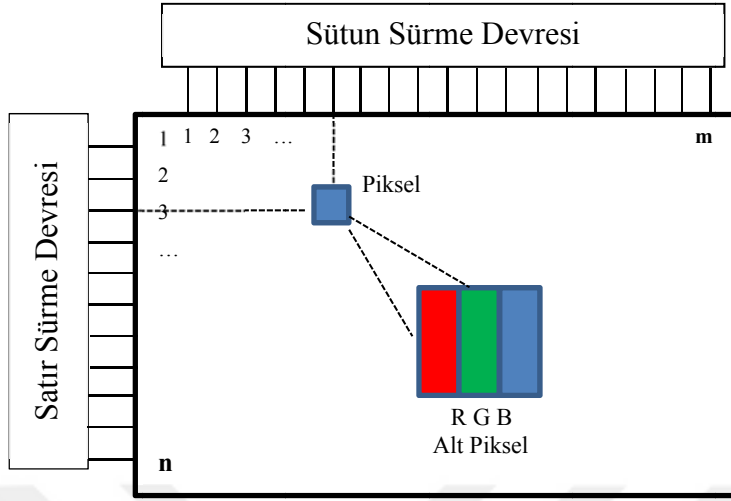
Polimer OLED, moleküler ağırlığı büyük olan, solüsyon işlemleri printing/painting teknolojileri ile üretilebilen ekranlardır. Polimer yapısı temel bileşenin belli sayıda tekrarlanması ile bir zincir şeklinde oluşmaktadır. Bu polimer malzemeler, çeşitli çözücülerde (su dahil) çözülmek suretiyle homojen dağılımlı bir çözelti ve/veya mürekkep gibi olurlar. Bu malzemeler kullanılarak küçük molekül OLED aygıtlarında olduğu gibi çok katmanlı bir yapı oluşturmak zordur (Şekil 2.19). Dolayısıyla verimliliği daha düşük olmaktadır. Ancak üretim maliyetinin daha düşük olması büyük boyutlu ekranların üretiminde bu malzemeleri ve yöntemi avantajlı kılmaktadır.



Şekil 2.19. Polimer OLED katman yapısı.

Çözelti bazlı polimer yarı iletken malzemeler ile buharlaştırma bazlı küçük molekül yarı iletken malzemeleri karşılaştırdığımızda, en önemli zorluğun OLED ömründe olduğu görülmektedir. Polimer malzemenin ömrünü kısıtlayan faktörler; malzemenin saf olamaması (impurity), ince film kalitesi ve çevresel koşullardır. Özellikle mavi ışığı veren polimer malzemenin ömür süresi hala istenen düzeyde değildir.

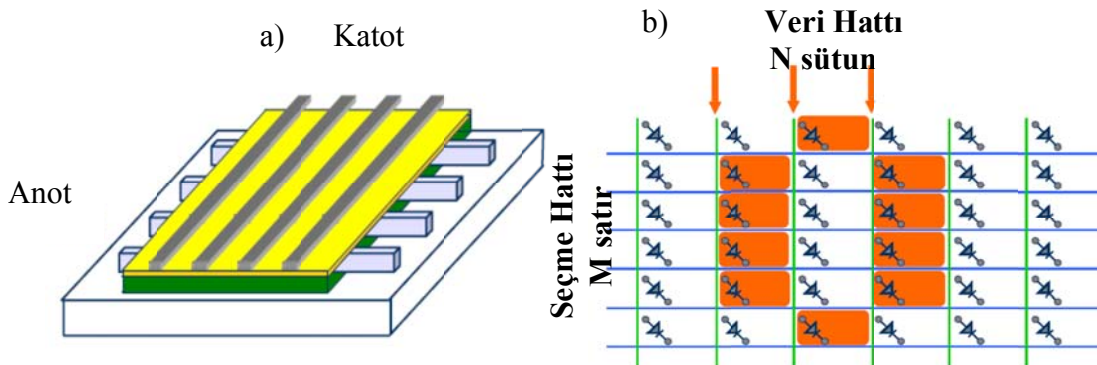
Ekran, satır ve sütun dizilerinden oluşan matriks yapıdan oluşur. Ekranda ışık görülen en küçük nokta piksel olarak adlandırılır. Ekranı oluşturan pikseller, satır ve sütun adresli olup her biri bağımsız çalışmaktadır. Gelen bilgi işaretine göre pikseller ayrı ayrı sürülmektedir. Ekran üzerindeki herhangi bir piksele erişim, ilgili satıra ve sütuna gerilim uygulanarak sağlanır. Satırlar sıralı olarak taranır, sütun sürücü devresine bağlı olarak piksel etkinleştirilerek video sinyali bilgisi aktarılır.



Şekil 2.20. $m \times n$ OLED matris yapısı.

OLED'ler sürülme tekniklerine göre aktif matriks veya pasif matriks OLED olarak adlandırılır.

Pasif-Matriks OLED (PMOLED) ekranlar, anot ve katot terminalleri elektriksel olarak birbirinden yalıtılmış ve ortogonal olarak yerleştirilmiş satır ve sütun hatlarına bağlı olan ekranlardır. Izgara şeklinde yerleştirilmiş anot (pozitif uç) ve katot (negatif uç) elektrotlar arasında organik yarı iletken malzeme yer almaktadır (Şekil 2.21). Sütunlar veri hattı, satırlar seçme hattı olarak adlandırılır. Çözünürlüğü düşüktür. Genellikle hızlı değişmeyen bilginin ekranda görüntülenmesi için küçük ekranlarda kullanılır. Yüksek çözünürlüklü büyük ekranlar için uygun değildir (Gu and Forrest, 1998; Jafarabadiashtiani, 2007).



Şekil 2.21. a) Pasif matriks ekran yapısı b) elektriksel eşdeğer devresi (Homer A., 2004).

Ekran üzerinde hangi piksel seçilecek ise doğrudan kuplajı engellemek için bir anda adreslenir ve o piksele ait anahtar “Açık” konumuna gelir. Bu durumda OLED’in anot terminali veri hattına bağlı olarak uygun bir akım ile sürülür ve ekranda ışık görülür. Sürme devresinde akımı depolayacak kapasite olmadığı için, seçme hattında “Kapalı” konumunda OLED ışık vermeyecektir. Satır taramalı dizi için piksel duty faktörü $1 / M$ ’dir. Bir anda adresleme modunda piksel duty faktörü maksimum olarak seçilir. Ortalama ışık lüminesansı L_{ort} aşağıdaki bağıntı ile bulunur; (Gu and Forrest, 1998)

$$L_{anlık} = \frac{M L_{ort}}{AR} \quad (2.4)$$

$L_{anlık}$:Anlık lüminesans M :Satır sayısı AR :Aperture Ratio (Piksel açıklık oranı)

Piksel Açıklık Oranı AR ;

$$AR = \frac{W_{satır} \times W_{sütun}}{(W_{satır} + D_{satır}) \times (W_{sütun} + D_{sütun})} \quad (2.5)$$

$W_{satır}$: Satır genişliği $W_{sütun}$: Sütun genişliği

$D_{satır}$: Satır arasındaki boşluk $D_{sütun}$: Sütunlar arası boşluk

Aktif matriks adresleme şemasında her bir piksel elektronik olarak anahtarlanır ve bu anahtarlama devresinde video bilgisini depolayan kapasitör yer alır. Bu devre içerisinde her bir pikselde yer alan OLED’i sürmek amacıyla aktif sürücü komponenti yer alır. Bu aktif komponentler, ekran uygulamasına göre TFT, FET veya Kristalize silisyum gibi MOSFET’ler olabilir. TFT LCD TV uygulamalarında Amorf Silisyum (a-Si) ve Polycrystallize silisyum (Poly-Si) TFT’ler kullanılmaktadır. Günümüzde bu iki TFT teknolojisinin olgunluk düzeyi çok yüksektir. Bununla birlikte organik bazlı oxide TFT’ler yeni nesil ekran TFT teknolojileri için önemli bir adaydır (Gu and Forrest, 1998). Poly Si ve a-Si TFT karakteristiklerinin karşılaştırma tablosu aşağıda verilmiştir.

Çizelge 2.4 Poly Si ve a-Si TFT karakteristik karşılaştırma tablosu (Chung et al., 2006).

	a-Si TFT	Poly Si TFT
Mobility	Düşük	Mükemmel
Mura Etkisi	Düşük	Yüksek
Uniformity	Çok İyi	Düşük
Kararlılık	Düşük	Çok İyi
TFT sürülme tipi	NMOS	PMOS
Boyutlar	Gen7	Gen4
Üretilirlik	Mükemmel	İyi
Verimlilik	Yüksek	Düşük

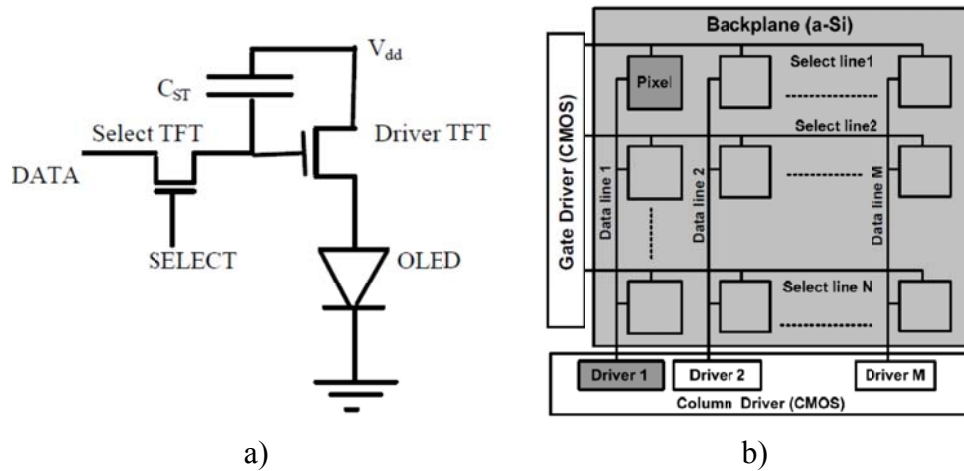
a-Si TFT, LCD endüstrisinde yaygın olarak kullanılır. Genellikle daha büyük ebatlı ekranlarda kullanılır. Uniformity'si mükemmeldir. Yüksek güç tüketimi ve kötü aperture ratio'dan dolayı mobility'si daha düşüktür (yaklaşık $1 \text{ cm}^2/\text{Vs}$). Böylelikle mura bozulma etkisi daha az görülür. Proses maliyeti daha düşüktür. a-Si TFT'lerin en önemli sorunu kararsız yapısıdır. Gate-Source arasına gerilim uygulandığında zaman içerisinde V_{th} kayması gösterir ve OLED degradasyonuna neden olmaktadır. OLED lüminesansının bozulması ekran bütününde ışık dağılımında soruna neden olduğu gibi resim yapışması olarak bilinen önemli bir hatanın nedenidir. Bunun için dahili veya harici kompanzasyon devreleri tasarlanarak OLED'i süren akımın kararlılığı artırılmaya ve degradasyon seviyesi azaltılmaya çalışılır (Nathan et al, 2003; Allee et al., 2008; Kabir, 2011).

LTPS (Low Temperature Polycrystalline Silicon) TFT'ler; lazer demeti kullanılan ve lazer demeti kullanılmayan olmak üzere 2 çeşit kristalizasyon yöntemi kullanılarak üretilir. Kesici lazer ile tavlama (Excimer-Laser Annealing - ELA) endüstrinin yaygın olarak kullandığı tekniktir. Metal Induced Crystallized (MIC) ve Solid Phase Crystallized (SPC) gibi lasersiz tavlama teknikleri de kullanılarak kristalizasyon gerçekleştirilebilir. Böylelikle, mura etkisiz, uniform TFT'ler elde edilebilmektedir. LTPS tekniğinin en önemli avantajı yüksek mobilitelerinin olması (yaklaşık $100 \text{ cm}^2/\text{Vs}$), I-V karakteristiğinin kararlılığı yüksek olması ve V_{th} kaymasının olmasıdır. Ancak mura bozulma etkisine daha duyarlıdır. İyi bir kompanzasyon devresi ile düzgün

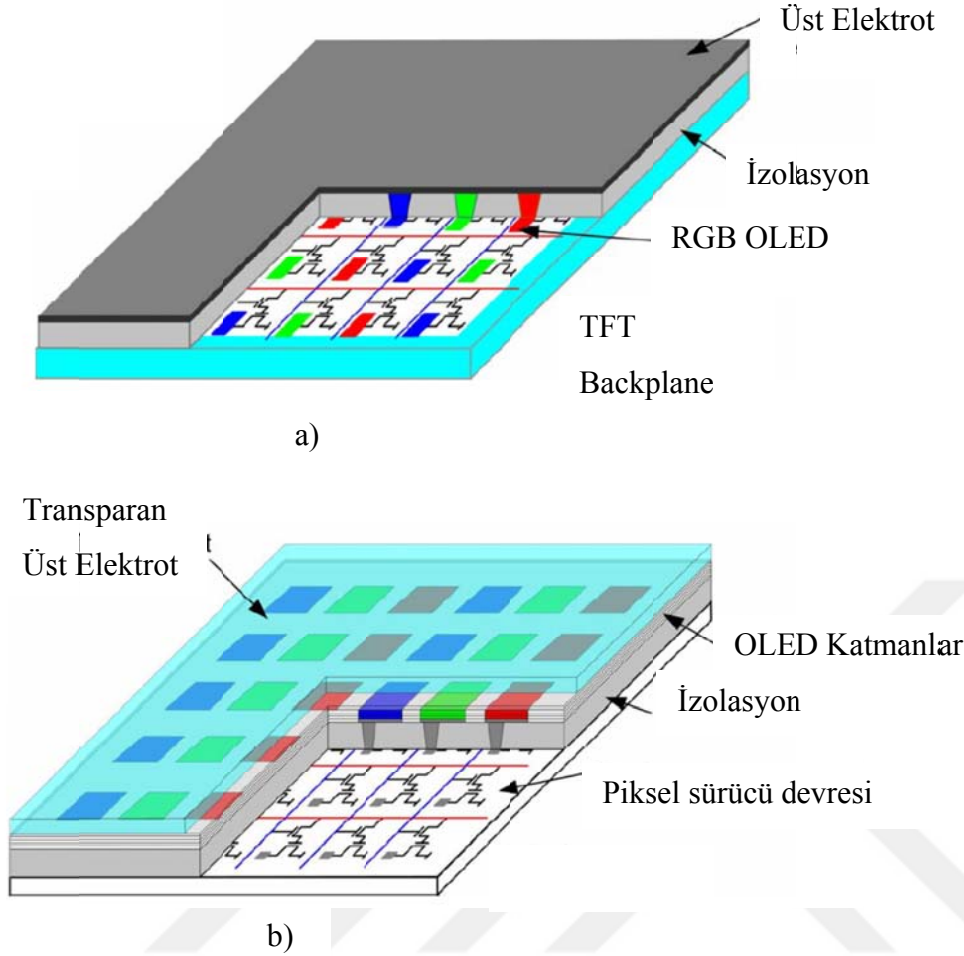
uniformity sağlanabilmektedir. Göreceli proses maliyetlerinin yüksek olması ve verimliliğinin düşük olması en önemli dezavantajıdır. Genellikle daha küçük ebatlı ekranlarda kullanımı tercih edilir.

Şekil 2.22’te OLED’i süren aktif matriks TFT yapısı ve blok diyagramı ve Şekil 2.23’da alt ve üst ışımalı AMOLED yapısı görülmektedir. Her bir piksel aktif matriks tarafından kontrol edilmekte olup, İnce Film Transistör (TFT) ile sürülmektedir. Piksel arkasında yer alan bu elektronik devreye TFT backplane (arka düzlem) adı verilir. Minimum ve ideal konfigirasyon 2 Transistör ve 1 Kapasitörden oluşur. Bu 2 transistörden bir tanesi adreslenmiş pikseli seçmek için, diğeri OLED’i sürmek için ve kapasitör’de gelen video sinyalinin depolanması görevindedir.

Ekranın, uzun çalışma süresi sonrasında bütününde uniformity sağlanması önemlidir. Ekran Resim (Pixel lüminans) non-uniformity düzeyinin artmasının nedeni, backplane kaynaklı hem TFT Threshold geriliminin değişimine hem de bias stress’in neden olduğu V_{th} kayması olabilir. Bu istenmeyen durumun çözülmesine yönelik çok sayıda çalışma hem a-Si hem de Poly-Si TFT’ler için gerçekleştirilmiştir. Genellikle üç transistör ve bir kapasitans veya dört transistör ve bir kapasitans TFT devresi kullanılır. Düzgün ekran uniformity sağlamak amacıyla beş transistör ve iki kapasitans kompanzasyon devresi de kullanılır.



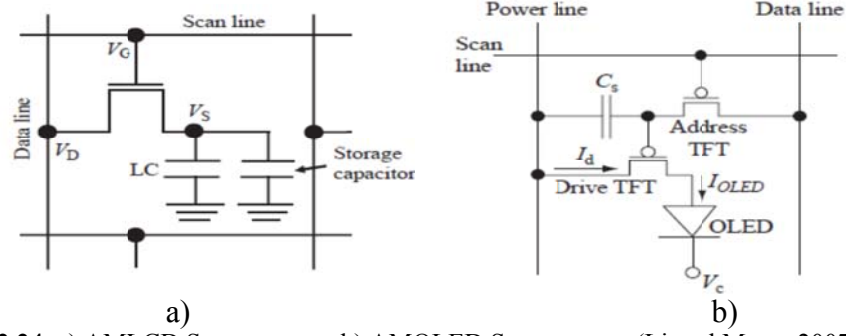
Şekil 2.22. a) 2T1C Aktif matriks sürme yapısı (Gu and Forrest, 1998), b) AMOLED Blok diyagramı (Jafarabadiashtiani, 2007).



Şekil 2.23. a) Alt ışımalı AMOLED, b) Üst ışımalı AMOLED (Jafarabadiashtiani, 2007).

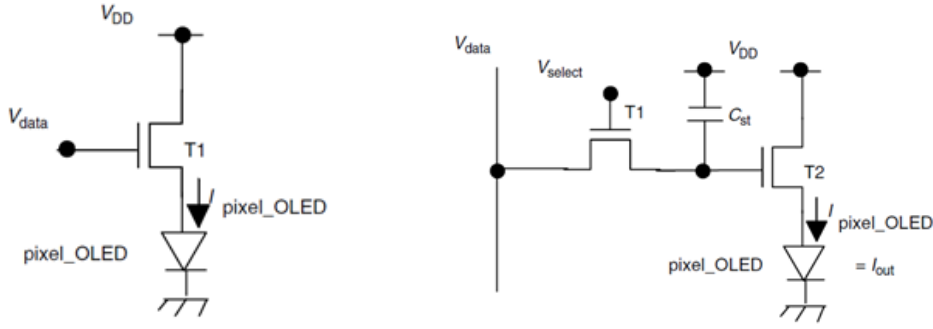
2.3.4 TFT Devrelerinin Temel Elektriksel Özellikleri

Yüksek çözünürlüklü ekranlar için TFT ile Aktif Matriks sürme teknikleri kullanılır. Şekil 2.24 a’da AMLCD eşdeğer devresi görülebilir. Bir seferde tek bir satır seçilebilir. Satıra denk gelen tarama hattı (scan line) seçildiğinde TFT açılır; bu şekilde veri hattı (data line) beslenerek transistörün source düğümüne bağlı likit kristal ve ona paralel depolama kapasitörü yükü doldurulur. Genellikle daha stabil şekilde yük tutması için likit kristale paralel bir kapasitör daha bağlanır. Buna depolama kapasitörü denir. Grilik seviyeleri farklı V_D değerleri verilerek her piksel için ayrı ayrı kontrol edilebilir. AMLCD ekranlarda sürülen bir pikselde veri bir sonraki veri iletimine kadar tutulmaktadır.



Şekil 2.24. a) AMLCD Sürme yapısı, b) AMOLED Sürme yapısı (Li and Meng, 2007).

OLED'in aktif matriks sürülme yöntemi LCD'ninkine benzer olmakla beraber, OLED akımla sürüldüğünden dolayı, LCD'deki kapasitörlerden daha karmaşık bir devre gerektirir. Şekil 2.24 b)'de AMOLED eşdeğer devresi görülmektedir. Genellikle, adres ve sürme TFT'leri olmak üzere iki TFT'li yapı kullanılmaktadır ve örnek ve tut devre yapısında çalışmaktadır. Belirli bir satır elektrik darbesi ile tarandığında adres TFT'si aktif hale getirilir. Bu satır üzerindeki belirli bir pikselin aktif edilmesi için veri hattı seçilir ve o veri hattına da güç hattından akım verilir. Bu akım sürücü TFT'den geçerek OLED üzerinden akar. C_s ile gösterilen kapasitör satır bırakıldığında OLED üzerinden akım akmasını sağlayarak OLED'in satır beslenmediğinde de görüntü karesi süresince ışık yaymasını sağlar. Bu tip piksel tasarımına, iki transistör bir kapasitör konfigürasyonu denir. Burada adres ve sürme TFT'leri için farklı gereksinimler vardır. Adres TFT'si anahtarlama amacıyla kullanıldığından on/off süreleri önemlidir. Sürme TFT'si de OLED'e akım sağlamak için kullanıldığından yüksek akım yoğunluğu verebilmelidir. Sürme TFT'sinin yeterli akım verebilmesi için yüksek mobilite değerine sahip olmaları gerekmektedir. Bu açıdan bakılırsa OLED'i sürmek için LTPS tekniği ile üretilen yüksek mobilite değerine sahip Poly-Si TFT kullanmak daha uygundur. OLED'in akım-gerilim karakteristiği space charge limited current veya trap charge limited current türünden olduğu için çok küçük sürme gerilimlerinde bile akım yoğunluğu oldukça değişmektedir. OLED'i süren TFT akımındaki kararsızlık OLED'in performansını ve ömrünü sınırlayan en önemli parametredir.



Şekil 2.25. a) OLED Sürücü transistör, b) 2T1C AMOLED Sürücü yapısı.(Li and Meng, 2007)

Şekil 2.25’de OLED sürücü yapısı gösterilmektedir. a-Si:H TFT’nin eşik gerilimi (V_{th}), transistörün çalışma süresine ve gate geriliminin etkisine bağlı olarak değişebilmektedir. Transistörün V_{th} gerilim değerinin artması, çıkış akımını azaltır ve bu da parlaklığı akım şiddetiyle doğrudan orantılı olan OLED’lerin daha düşük parlaklık vermesine sebep olur. Veri gerilimi V_{data} ’nın V_{GST2} ve V_{pixel_OLED} gerilimlerinin toplamı olduğu görülebilir. Bu şekilde, görüntüleme işlemi sırasında a-Si:H TFT (T2) eşik gerilimindeki değişimler veya piksel elektrotları arasındaki uyumsuzluktan oluşan eşik gerilim farklılıkları, düşük parlaklığa ve ekranda homojen olmayan ışık dağılımına sebep olur (Sanford ve Libsch, 2003). He ve arkadaşlarının yaptığı araştırmada 10^4 saniyelik bias stres süresi sonunda T2 transistörünün eşik geriliminin ~ 3.54 V değiştiği, çıkış akımının $10V$ ’luk V_{data} için %40, $20V$ ’luk V_{data} içinse %85 düştüğü gözlenmiştir. Bu deneysel sonuçlara göre bu tür piksel elektrot devreleri düşük elektriksel güvenilirliğe sahiptir ve ekran paneli boyunca homojen bir ışık şiddeti elde etmek çok zordur. Bu sebeple, ekran homojenliğini sağlamak ve stabil bir akım yoğunluğu verebilmek için kompanzasyon devreleri kullanılır (He et al, 2000).

OLED pikseli süren arka düzlemdeki TFT devresinde yer alan sürücü transistörün V_T eşik gerilim kaymasından dolayı OLED’in çalışma ömrü kısalmaktadır. Bunun sonucunda OLED’in parlaklık seviyesinde değişimler ve renk kayması gibi ekran performansını düşüren, istenmeyen sorunlarla karşılaşmaktadır. OLED paneli oluşturan her bir pikseli süren TFT transistörlerin farklı performansta çalışması sonucunda panelin genelinde parlaklık seviyesinde degradasyon oluşabilmektedir (Hong et al., 2004). Kararlı bir a-Si:H TFT AMOLED elde edebilmek için eşik gerilimi ve mobilitesinde oluşan kaymaları

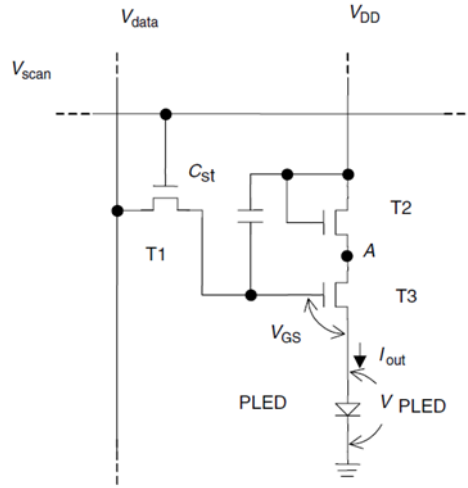
telafi edebilecek kompanzasyon devreleri eklenmelidir. TFT backplane devresine gerilim ve akım ile sürülen kompanzasyon devreleri üzerinde çok sayıda çalışma raporlanmıştır. (Hong et al., 2004; Kim et al., 2002; Guo et al., 2005; Chazi et al., 2007; Lee et al., 2005; Wu et al., 2011). Veri sinyali olarak gerilim ve akım sinyalleri kullanılır. Gerilim ve akımla sürülen kompanzasyon devrelerinin karşılaştırma tablosu Çizelge 2.5’te verilmiştir. Gerilimle sürülen yapıda, a-Si:H TFT’nin eşik gerilim kayması, karmaşık eşik gerilim hafızası ve ardından seçme zamanında (select time) veri gerilimi (Data Voltage) yazma adımlarıyla kompanze edilir. Elektronik yapısı karmaşıktır. Akımla sürülen yapıda ise, veri akımı, eşik gerilim kaymasını ve veri sinyalini doğrudan piksele yazar (Hong et al., 2004).

a-Si:H TFT V_{th} eşik gerilim kaymalarının piksel stabilitesine etkisini azaltmak için 2-a-Si:H devreye bir n-tipi a-Si:H TFT eklenmesiyle Şekil 2.26’daki devre önerilmektedir (Kim and Kanicki, 2002).

Çizelge 2.5 Gerilim ve akım sürücülü AMOLED şemalarının karşılaştırılması.

	Gerilimle Sürülen	Akımla Sürülen
Veri sinyali	Gerilim	Akım
Kapazitör yavaş dolma problemi	Yok	Var ama çözülebilir
TFT eşik gerilim kompanzasyonu	Var	Var
TFT Mobilite kompanzasyonu	Yok	Var
OLED V_{th} kompanzasyonu	Var	Var

Devre, C_{st} depolama kapasitesi, T1 anahtarlama transistörü, T2 aktif direnç, T3 sabit akım sürücü transistör ve OLED olmak üzere 5 komponentten oluşur.



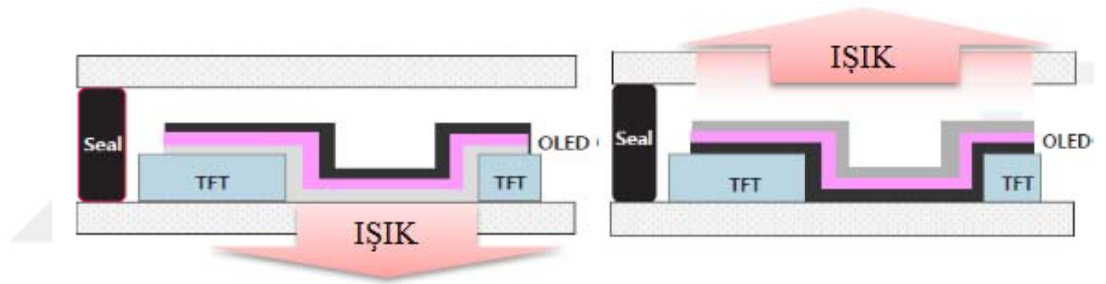
Şekil 2.26. 3-a-Si:H TFT piksel elektrot devrenin yapısı(Kim and Kanicki, 2002).

Tarama gerilimi (V_{scan}) yüksek (High) iken piksel anahtarlama transistörü (T1) ile seçilir. Sürücü TFT (T3) OLED'e sabit akım sağlamada kullanılır ve V_{th} kaymalarını önlemek amacıyla doyum bölgesinde (saturation) çalışır. OLED lüminesans düzensizliğinin temeli sürücü transistörün V_{th} kaymasıdır. Aktif direnç (T2) a-Si:H TFT sürücü (T3) ve OLED'nin karakteristiklerinin kaymalarından doğan akım değişikliklerini kısmen telafi etmek amacıyla kullanılır. V_{scan} yüksek kaldığı sürece anahtarlama TFT'si Açık (Open) durumdadır ve veri gerilimi V_{data} kapasitörde depolanır. T3 gate düğümünün geriliminin V_{data} seviyesine gelmesiyle de T3 ilettime geçer, böylece V_{DD} 'den OLED'e akım akmasını sağlanır. Bu seçme işlemi her piksel için kısa zaman periyotlarında gerçekleşir ve bu periyotlara tarama periyodu denir, genellikle satır sayısıyla belirlenir. Depolama kapasitörünü veri gerilim seviyesine çıkarabilmede TFT T1'in anahtarlama hızı önem taşır. T3'ün gate düğümüne uygulanan veri gerilim seviyesine bağlı olarak sürücü TFT gerilime karşılık gelen çıkış akımı (I_{out}) ile OLED'i besler. OLED parlaklığı bu çıkış akımının bir lineer fonksiyonudur. Böylece, OLED'in maksimum parlaklığı sürücü TFT'nin akım kapasitesine, C_{st} 'nin kapasitansına ve OLED'in güç parlaklık verimine bağlıdır. OLED'in aynı parlaklıkta ışık verebilmesi için çıkış akımının sabit tutulması gerekir. Daha iyi bir lineerlik elde etmek için T3 saturasyonda olmalıdır; daha iyi eşik gerilim kayması kompanzasyonu içinse T3 triode bölgesinde çalışmalıdır. Hem lineerlik hem eşik gerilim kompanzasyonu için daha karmaşık bir devre tasarımı gerekir.

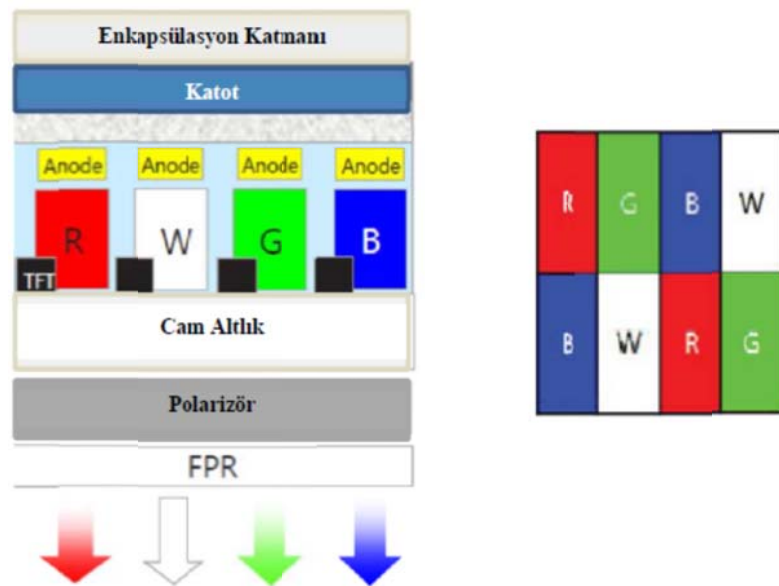
3. AMOLED EKTRAN UYGULAMALARI

3.1 AMOLED TV Sistemini Oluşturan Bileşenler

AMOLED TV; ekran, elektronik anakart ve güç kartından oluşmaktadır. Sistem olarak bakıldığında LCD TFT TV ile OLED TV arasındaki en önemli fark şüphesiz ki ekrandır. Optik özellikleri, fiziki yapıları ve teknolojisi ile tamamen farklıdır. Tasarımı belirleyecek en önemli bileşeni ekran oluşturacaktır. OLED ekranlar, yüksek ışık, geniş bakış açısı, yüksek renk gamutu ve hızlı piksel cevabı gibi önemli avantajlara sahiptir. OLED TV’de kullanılan ekran, aktif matriks ve oxide TFT yapısındadır. Altan ışımalı veya üstten ışımalı olabilmektedir.



Şekil 3.1 OLED Işıma yapısı a) Altan ışımalı, b) Üstten ışımalı.



Şekil 3.2 RGBW OLED piksel yapısı

LCD ekranlarda alt pikselleri süren TFT devresi a-Si:H veya polycrystal transistör yapısı kullanılırken, OLED ekranlarda alt pikseller mobiliteleri daha yüksek ve büyük ekranlarda kullanıma uygunluğundan dolayı oxide TFT tercih edilmektedir. Oxide TFT'ler (IGZO – Indium Gallium Zinc Oxide vb.), OLED panellerde kullanılmasında en güçlü adaydır. OLED RGB ekranlarda her bir renk elementi ayrı ayrı ışığa yapmaktadır. Ekran çözünürlüğünün artması ile RGB ekranlar için ışık geçirgenlikleri oldukça düşmektedir. Örneğin, 4K ekranların 2K ekranlara göre ışık geçirgenliği %21 daha düşmektedir. 8K ekranların 4K ekranlara göre ise %60 daha düşüktür. Işık verimini artırabilmek amacıyla RGB alt piksellerine W alt pikseli eklenmektedir. Birçok ekran uygulamasında RGB alt piksellerine Beyaz (W) alt piksel eklenmesi ile optik geçirgenliği artırabilmek mümkündür. Büyük ekran OLED paneller RGBW alt piksel yapısı kullanılmaktadır. RGBW OLED piksel yapısı Şekil 3.7'de verilmiştir. RGBW ekranlarda beyaz ışık veren element ve RGB için renk filtreleri kullanılmaktadır. Renk filtreleri kullanılması ile geçen ışığın 2/3'ünü absorbe edilecektir. W ışık için renk filtresi kullanılmayacağı için toplam ışık geçirgenliği RGB ekranlara göre daha yüksek olacaktır. W alt pikselin eklenmesi ile RGB ekrana göre aynı güç için yaklaşık 1.5 kat daha fazla ışık geçirgenliği elde edilir. Alt Piksel sayısı 1/3 oranında azalmaktadır (Kwon ve Kim, 2012). UltraHD bir panelde dikeyde 2160 ve yatayda 3840 piksel bulunmaktadır. Yatayda ve dikeyde toplam 8 milyon piksel bulunmaktadır. Her bir piksel RGB veya RGBW alt piksellerden oluşabilmektedir. Örneğin, RGB olması durumunda yaklaşık 24 milyon alt piksel bulunmaktadır. OLED ekranlar kendinden ışımalı olduğu için bu alt pikseller ayrı ayrı oxide TFT'ler tarafından sürülmektedir. LCD'ler gerilim ile sürülürken (voltage driven), OLED pikseller akım sürmelidir (current driven). Her bir alt piksel 10 bit ile tanımlıdır. Yani her bir alt piksel lüminesans değeri 10 bit ile tanımlanır. Toplamda;

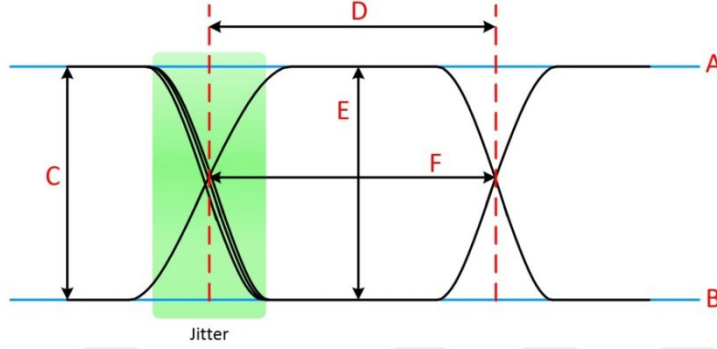
$$2^{10} (R) \times 2^{10} (G) \times 2^{10} (B) = 1.0737 \text{ Milyar} \quad (3.1)$$

Renk elde edilmiş olur. Böylelikle detayları daha fazla, gerçeğe daha yakın kalitede görüntü elde edilmiş olur.

Ekran ile anakart arasında yüksek hızda ve performansta veri transferi gerçekleştirmek gerekir. Anakarttan çıkan sayısal verinin ekranın anlayacağı formata dönüştürülmesi gerekir. LCD TFT televizyonlarda LVDS (Low Voltage Differential Signal) veri iletişim protokolü kullanılır. LVDS günümüzde yüksek performanslı veri transferleri ihtiyacını karşılamak için geliştirilmiş bir standarttır ve düşük güç ile yüksek veri iletimini sağlar. Panel ile bağlantı LVDS düşük voltaj fark sinyalleri ile sağlanır. Anakart üzerinde bulunan ana sistem entegresi çıkışındaki 24 (3x8) bitlik sayısal sinyaller LVDS verici entegresine gelirler. Burada LVDS formatına çevrilir ve panele gönderilir. Panel tarafında TCON (Timer Controller) kartı üzerindeki LVDS alıcı entegresi LVDS formatında gelen sinyaller çevrilerek panel sürücü devrelerine iletilir. Bu fark sinyalleri teknolojisi saniyede yüzlerce hatta binlerce Megabit (Mbps) data iletimine izin verir. LVDS iletim hatları, yüksek hızda veri transferi esnasında oluşacak Elektromanyetik gürültüleri (EMI) azaltacak şekilde sarmal çiftler olarak tasarlanmıştır. 100Hz (Double Frame Rate) ve 10 bit Full HD (1920 x 1080 pixel) panelleri için 24 çift LVDS kablosu gerekmektedir. LVDS ile 655 Mbps hızında veri transferi sağlanabilmektedir. Günümüzde yüksek çözünürlüklü ekranlar mevcuttur. UltraHD (3840x2160 pixel) olarak bilinen paneller için LVDS protokolü yeterli olmamaktadır. Özellikle 96 kablo kullanılacak olması skew probleminin oluşmasına, fazlaca kablo kullanıldığı için maliyetin artmasına ve EMI artışı görülecektir. LVDS kullanılarak Yüksek çözünürlüklü ve renk derinlikli sinyallerin iletiminde oluşan skew sorunu, aşırı güç tüketimi ve EMI sorunu V-by-One standardı ile çözülmektedir. Özellikle UltraHD panellerin sürülmesi için TV endüstrisinde kullanımı artmaktadır. V-by-One standardı ile UltraHD panel için sadece 16 çift kablo gerekmektedir. LVDS standardında ise bu rakam 96 çift kablodur.

OLED Panele doğru elektriksel sinyalin gitmesi önemlidir. TV anakartından OLED panelin satır ve sütunlarında yer alan her bir piksel için verinin hatasız ulaşması ve doğru zaman aralıklarında olması gereklidir. Sinyal bütünlüğünün panel speklerinde verildiği gibi olması, OLED ekranda resmin hatasız görüntülenmesine neden olacaktır.

Göz diyagramı (Eye Diagram), ekrandaki zamanlama hatalarından dolayı oluşacak kusurları belirlemede çok önemli ve kolay bir sinyal analiz aracıdır. Bir sayısal sinyaldeki göz diyagramının temel karakteristik parametreleri aşağıda verilmiştir.



Şekil 3.3. Göz diyagramı temel parametreleri.

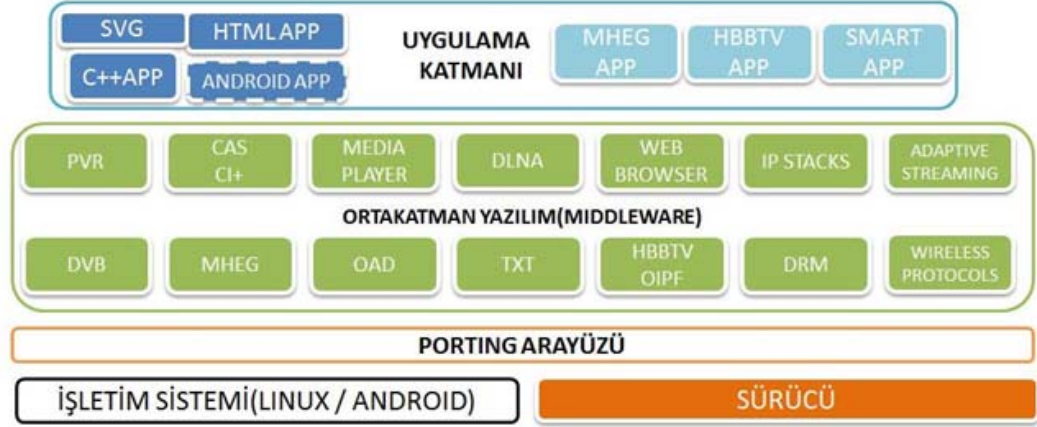
65” OLED ekranın V By One göz diyagramı spesifikasyonu aşağıda verilmiştir. Alınan ölçümlerin bu aralıklar içerisinde olması durumunda ekranda doğru ve hatasız resim görülmesi mümkündür.

Çizelge 3.1 Göz diagram sinyal karakteristiği.

	X[UI]	Y[UI]
A	0.25(max)	0
B	0.30(max)	50
C	0.70(min)	50
D	0.75(min)	0
E	0.70(min)	-50
F	0.30(max)	-50

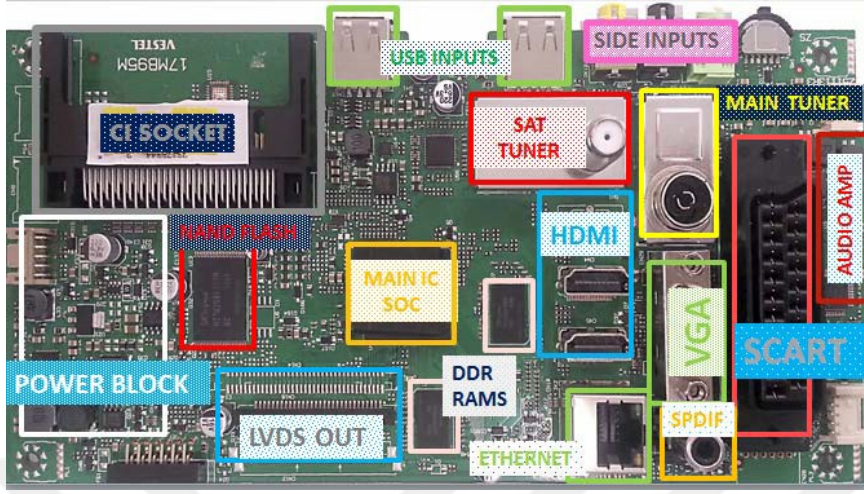
Televizyon anakartı, sayısal ve/veya analog TV yayınların (karasal, uydu, kablo) alınmasının sağlandığı, video bilgisinin ilgili yayın standartlarına uygun olarak işlenip aktarımlarının sağlandığı, kullanıcı isteklerine göre anakart fonksiyonlarının yerine getirildiği elektronik karttır. Bu özellikleri ile ekranın LCD veya OLED olmasının majör bir sonucu yoktur. Ekran özelliklerinin bilinmesi durumunda anakartın ekran çıkış sinyallerini sağlamak mümkün olacaktır. Anakart üzerindeki entegre devre ve komponentlerin birbirleriyle

haberleşmesi, veri iletişimi ve fonksiyonların çalışması Anaİşlemci (System on Chip) adı verilen merkezi bir entegre devre ile sağlanmaktadır. Tüm bu fonksiyonlar gömülü yazılım sistemi ile kontrol edilmektedir. Bir sayısal TV'nin yazılım katmanları aşağıda verilmiştir.



Şekil 3.4. Sayısal TV'nin genel yazılım yapısı.

Gömülü yazılım; donanım platform üzerinde İşletim sistemi, orta katman (middleware) yazılım ve uygulama katmanı olmak üzere temelde 3 katmandan oluşmaktadır. En alt katmanda işletim sistemi ve sürücü devreleri yer almaktadır. Anakartta gömülü yazılımının en önemli fonksiyonu bir işletim sistemi üzerinde çalışmasıdır. Genel sistemin isleyişi ve sistem kaynaklarının kullanımı için kullanılan platformdur. Sürücüler katmanı donanımdaki araçların yazılım ile kontrolünü sağlayan alt-katman yazılımlardır. Donanımdaki register, I/O gibi kısımlara erişerek ve kesici ve mesajlaşma gibi haberleşme teknikleri kullanarak çalışırlar. Porting arayüzü, işletim sistemi ve sürücülerini abstract hale getirip, onların alt- katmanda değişimleri durumunda bile, bu ufak arayüz yeni işletim sistemi ve/veya sürücülere adapte edilerek hızlı bir şekilde ve de üst katmanlara dokunmadan yenilerine geçiş sağlanır. Orta katman (Middleware), sistemde kullanılan üst düzey araçlar bulunur. Bunlar porting arayüzü aracılığıyla sürücüler ve işletim sistemi ile konuşarak, kompleks işlemler yapabilmeyi olanaklı hale getirirler.



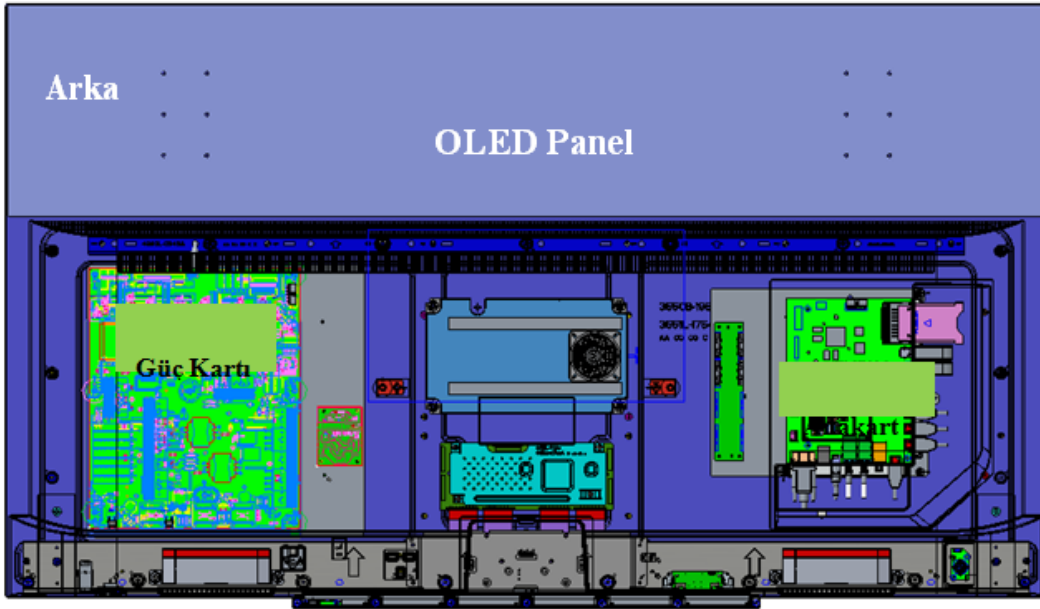
Şekil 3.5. Sayısal TV'nin anakart fotoğrafı (Vestel Elektronik izni ile).

Sayısal TV'nin anakartında yer alan kritik bileşenler aşağıda verilmiştir. Ana Entegre (SOC); TV kartının içerisindeki en önemli bölümdür. Bu entegre bir çok farklı fonksiyonu içinde barındıran kompleks bir yapıya sahiptir. Genel olarak içerisinde; video sinyallerinin işlendiği video processor, ses sinyallerinin işlendiği audio processor, analog girişleri alıp dijital formata çeviren ADC blokları, dijital sinyalleri gerektiğinde analog sinyallere dönüştüren DAC blokları, bazı devreleri kontrol eden ve dışarıdan gelen sinyalleri algılayan portların olduğu bloklar, ekran ile bağlantının sağlandığı formatın elde edildiği LVDS converter, ekran çözünürlüğüne göre gelen video sinyallerini tekrardan yapılandıran scaler kısmı, progresif çalışan ekranlar için interlace formatında gelen video sinyallerini progresif sinyale dönüştüren deinterlacer bloğu, yazılımın genel olarak içinde çalıştığı ve portların kontrol edildiği ana işlemci gibi kısımlar bulunmaktadır. Anakart üzerindeki en karışık içeriğe sahip parçadır. NAND Flash ve DDR Ram; Nand flash içerisinde TV kartının ana yazılımını tutan kısımdır. Bu entegrenin kapasitesi kullanılacak yazılımın boyutuna göre farklılık gösterir. DDR ram ise geçici olarak bilgilerin tutulduğu ve hızlı işlem yapılan kısımdır. Bu hafıza elemanına video ve audio işlemlerini yaparken ihtiyaç duyulur. Genel amacı buffer oluşturmaktır. Video ve ses bilgisi TV'ye kesintisiz şekilde gelirken görüntü ve ses iyileştirmelerini uygulayabilmek için zamana ve gelen bilgileri

kaybetmeden saklayacak bir yere ihtiyaç duyulur. Bu kısım DDR Ram kısmıdır. LVDS çıkışı; Low voltage differential signals kelimelerinin kısaltılmışı olan bu kelime panellerin kullandığı bir sinyal formatıdır. Bu sinyal ana entegre (SOC) veya yardımcı video entegreleri tarafından üretilir. 6/8/10 bit olabilir. Anakart ile ekran arası bağlantı bu kısım ile yapılır. 4K çözünürlüklü ekranlar için LVDS kullanmak, çok fazla sayıda kablo kullanılacağı için uygun değildir. Onun yerine ekran ile anakart arasında doğru sinyalizasyonda veri transferi için V-By-One veri yolu kablosu kullanmak gereklidir. Güç Bloğu; TV kartında ihtiyaç duyulan farklı seviyelerdeki ve farklı güçlerdeki voltajların elde edildiği kısımdır. OLED TV tasarımında 12V ve 24 V besleme kaynaklarına ihtiyaç duyulur. 12V gerilim kaynağı ile anakart üzerinde bulunan entegre devrelerin beslemesi, tuner devresi, hafıza entegreleri vb için güç kaynağında kullanılır. 24V beslemesi ise ses yükselteç devresi için kullanılır. Entegre devrelerin ihtiyaç duyduğu spesifik gerilim kaynakları step down topolojili DC/DC dönüştürücü devreleri kullanılarak sağlanır. CI Socket: Common interface kelimelerinin kısaltılmışı olan CI şifreli yayınların çözülmesi için kullanılan bir bloktur. Tuner üzerinden gelen şifreli yayınlar, Transport Stream formatına dönüştürüldükten sonra CI modülüne yönlendirilirler. CI soketine takılan modül yayın içindeki şifreyi çözerek, temiz sinyali geri gönderir. TV üzerinde iki tip tuner kullanılır. Bunlardan biri uydudan gelen yayınları filtrelemek için kullanılırken, diğeri karasal ve kablo yayınlarını filtrelemek için kullanılır. Bu devreler aslında band pass filtrelerdir. Farklı frekanslarda taşınan yayınları yakalamak ve diğerlerinden ayırmak için kullanılır. Bu devreler cihazın televizyon sıfatını almasını sağlayan kısımlardır. Tunersiz görüntü cihazları monitör olarak nitelendirilir. Ses Yükselteci (Audio amplifier); TV üzerindeki hoparlörlerden istenilen seviyede ses çıkışı alabilmek için kullanılan yükseltici devreleridir. TV içerisinde bulunan tüm sinyaller düşük voltaj seviyelerindedir. Ses sinyalinin istenilen seviyede duyulabilmesi için hoparlörlere göndermeden önce yükseltilmesi gerekir. Bu işlem yükselteç kısmında gerçekleşir.

OLED TV içerisinde anakart, güç kartı, FRC kartı, tuş kartları vb yerleşimi elektromanyetik uyum testleri için önemli olacaktır. Bu kartların yerleşimi ve kablolanması, elektromanyetik girişim oluşturmayacak şekilde yapılmalıdır.

Ürünün özelliklerine bağlı olarak anakart, yüksek frekans sinyalleri üretir. Bu sinyaller ve harmonikleri anten gibi davranan PCB hatları üzerinden veya indüklenen kablolar üzerinden ışıma gerçekleşir. Bu durum EMI (Electro Magnetic Interference) oluşturarak EMC performansını olumsuz etkiler. Aynı şekilde güç kartının çok ince yapılı olması sebebiyle televizyonun iletken metal arka yüzeyinde elektriksel kısa devre riski oluşturmayacak güvenli bir yapıda yerleştirilmelidir. Kabloların ısınan ve yüksek akım geçen iletkenlere dokunmayacak olan mesafede bandajlanması uluslararası güvenlik standartlarına göre zorunluluktur. Şekil 3.6’da tasarlanan OLED TV için elektronik kartların yerleşimi görülmektedir.

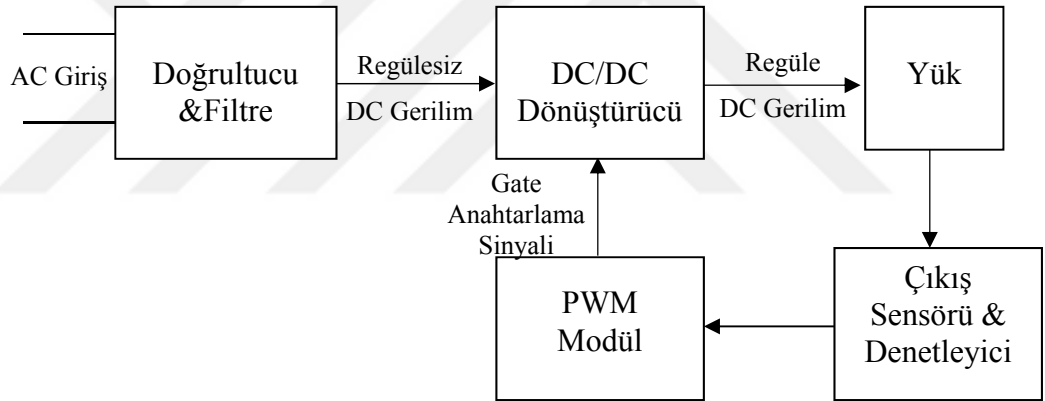


Şekil 3.6. OLED TV'nin kart yerleşimi (Arkadan görünüm)

3.2 OLED TV Güç Kaynağı Tasarımı

DC gerilim güç kaynakları, cihaz içerisindeki elektronik devrelerin güç gereksinimlerini sağlamak amacıyla kullanılır. Geleneksel olarak AC şebekeden regüle edilmiş DC gerilim elde etmek için Doğrusal Regülatör veya Anahtarlamalı Güç Kaynakları (Switch Mode power Supply-SMPS) kullanılır. Doğrusal regülatörler kolay, ucuz ve düşük gürültü seviyesine sahip güç kaynaklarıdır. Düşük verimliliği en önemli dezavantajıdır.

SMPS teknolojisi ise daha düşük boyutlarda daha yüksek verim giriş gerilimindeki ve çıkış yük akımındaki değişimlere karşı daha kaliteli regülasyon imkanı sağlamaktadır. SMPS içerisindeki yarıiletken anahtarlama elemanları kesim modunda (Off) veya saturasyon modunda (On) çalışır. Kesim modunda yarıiletken anahtar üzerinden akım akışı olmaz. Saturasyon modunda eleman üzerindeki gerilim düşüktür, iletim ve anahtarlama kayıpları düşüktür. Böylece SMPS güç kaynakları ile doğrusal güç kaynaklarına göre daha yüksek verim elde edilir. Yarıiletken anahtarlama elemanlarının yüksek anahtarlama frekansında çalışabildiğinden, daha düşük maliyetli trafo, bobin ve kapasite gibi daha küçük boyutlarda ve daha hafif malzemeler seçilebilmektedir. SMPS güç kaynakları birkaç watt değerinden birkaç yüz kW değeri aralığında birçok endüstriyel üründe kullanılmaktadır. Şekil 3.7’de gösterilen blok diyagramda genel SMPS devresinin bileşenleri verilmiştir.

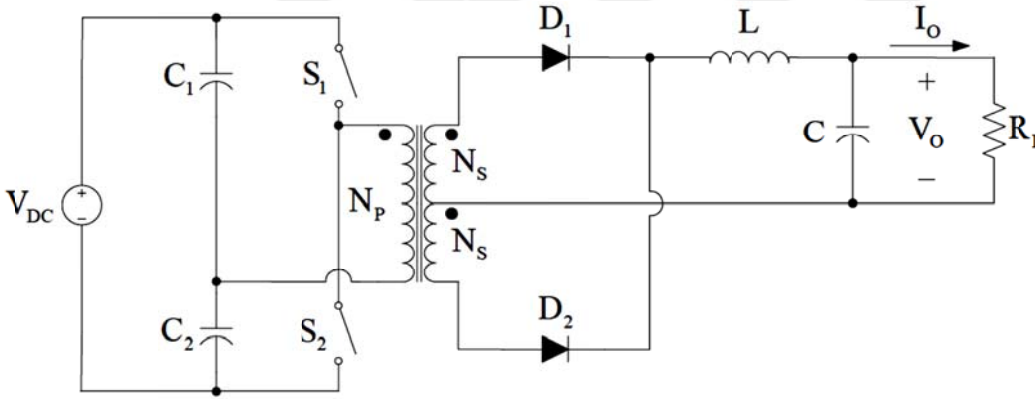


Şekil 3.7. SMPS sisteminin genel blok diyagramı(Steigerwald, 2001)

Güç kaynağı devrelerinin içerdiği doğrultma, anahtarlama elemanı ve enerji depolama elemanlarının düzenine Topoloji denir. SMPS güç kaynağının devre topolojisinin seçimi; giriş/çıkış gerilimleri, çalışma güç aralığı, elektriksel izolasyon gerekliliği gibi sistem gereksinimlerine bağlıdır. En temel ve basit DC/DC dönüştürücü topolojileri step-down(buck-düşüren) ve step-up(boost-yükselten) dönüştürücülerdir. Tüm DC/DC dönüştürücü topolojileri bu dönüştürücülerden türemişlerdir. Anahtarlama DC/DC güç kaynaklarını giriş ve çıkışı izoleli ve izolesiz DC/DC dönüştürücüler olarak sınıflandırabiliriz.

Yarım köprü DC/DC dönüştürücü devre topolojisi Şekil 3.8’de verilmiştir. Temelde bu devre, Step-down dönüştürücü devresinden türetilmiştir. DC gerilim kaynağına seri birbirinin eşdeğeri C_1 ve C_2 kapasitörleri yerleştirilerek V_{DC} geriliminin yarısı olacak şekilde yüksek frekanslı transformatorün giriş sargılarına bağlanır. Böylece, S_1 ve S_2 aynı duty cycle ile anahtarlanarak transformatorün giriş sargılarına $V_{DC}/2$ ve $-V_{DC}/2$ gerilimleri uygulanır. Transformatorün çıkış tarafı ise S_1 ve D_1 veya S_2 ve D_2 eş zamanlı olarak çalışması depolanan L bobini enerjisinin D_1 ve D_2 diyotları üzerinden eş olarak paylaşılırak güç aktarımı sağlanır. I_o çıkış akımı S_1 ve S_2 (OFF) konumunda iken elde edilir. DC dönüştürme oranı;

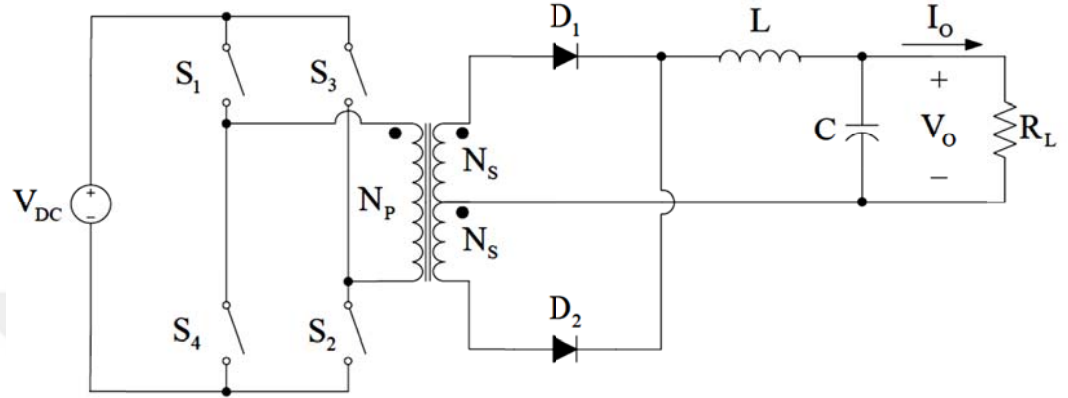
$$\frac{V_o}{V_{DC}} = \frac{N_s}{N_p} d \quad (3.2)$$



Şekil 3.8. Yarım köprü DC/DC dönüştürücü devre şeması(Mohan,1995;Uslu,2006)

Tam köprü DC/DC dönüştürücü devresi Şekil 3.9’da verilmiştir. Temelde step-down dönüştürücü devresinden türetilmiş tam köprü DC/DC dönüştürücü devresi, yarım köprü DC/DC dönüştürücü devresinden farklı olarak C_1 ve C_2 kapasitörlerinin yerine kontrol edilebilir anahtarlama elemanları kullanılır. Bu dönüştürücünün temel çalışma düzeni, aynı çalışma döngüsü ile anahtar çiftlerinin (S_1 ve S_2 , S_3 ve S_4) iletimini sağlamaktadır; bunun sonucunda, $-V_{DC}$ veya V_{DC} gerilimleri transformatorün primer sargısına uygulanır. Sekonder kısmın çalışması yarım köprü DC dönüştürücü ile aynıdır. Anahtar çiftlerinden herhangi birisi (S_1 ve S_2 veya S_3 ve S_4), $d \times T_s$ süresi boyunca iletimde iken filtre bobini üzerinde $V_{DC} - V_o$ gerilim düşümü görülür. Tüm anahtarlar kapalı iken (OFF), filtre bobini

üzerinde $(1-d) \times T_s$ süresi boyunca $-V_o$ çıkış gerilimi görülmektedir. Diğer anahtar çifti, aynı şekilde $d \times T_s$ süresi boyunca iletimde olacaktır. Bunun sonucunda toplamda $2dxT_s$ süresince güç transferi gerçekleşecektir. Burada duty cycle $d=0.5$ olacak şekilde belirlenmelidir.



Şekil 3.9. Tam köprü DC/DC dönüştürücü devre şeması (Mohan,1995;Uslu,2006)

DC gerilim dönüşüm oranı, filtre bobini (L) Volt-second denge kuralı ile elde edilir. Bu dönüştürücü ile geniş bir güç aralığı sağlanabilmektedir.

$$\left(\frac{N_s}{N_p} V_{DC} - V_o\right) \times 2 \times d \times T_s = V_o \times (1 - 2 \times d) \times T_s \quad (3.3)$$

$$\frac{V_o}{V_{DC}} = 2 \times \frac{N_s}{N_p} d \quad (3.4)$$

3.3 Güç Faktörü Düzeltme (PFC-Power Factor Correction)

Günümüzde elektronik cihazlarda kullanılan anahtarlamalı ve kesintisiz güç kaynakları, güç dönüştürücü devreleri, batarya şarj ve deşarj sistemleri gibi lineer olmayan yükler, çektikleri harmonikli akımlar nedeniyle şebekeyi bozmaktadır. Aynı zamanda bu akımlar, şebekenin ve şebekeye bağlı başka cihazların bozulmasına neden olmaktadır. Bu nedenle enerjinin daha kaliteli kullanılması giderek artan bir şekilde önem kazanmaktadır. Pratikte güç faktörü; 0 ile 1 arasında değişen, giriş akımı dalga formunun giriş gerilimi dalga formuna ne kadar yakın olduğunun gösteren parametredir. Güç kalitesi yönetmelikleri ve

standartları, doğrultucuların yüksek güç faktörü değerlerine erişmesi gerektiğini göstermektedir. IEC 61000-3-2 standardı, farklı sınıflar için, güç faktörü veya harmoniklerin azaltılmasına yönelik limitleri tanımlar. Harmonik standartları çeşitli yük sınıflarına göre belirlenir. Yük sınıfları, güç devresinde harmonik oluşturabilecek devre elemanlarının harcadıkları güce, şebekeden çektikleri akımın dalga şekline göre A,B,C,D sınıfı olarak gruplandırılır.

Çizelge 3.2 IEC 61000 - 3- 2 standardına göre yük sınıfları

SINIFLAR	İÇERİK
A Sınıf	Dengeli üç fazlı yükler Ses cihazları B,C,D sınıflarına girmeyen elemanlar
B Sınıf	Profesyonel olmayan ark kaynakları Taşınabilir cihazlar
C Sınıf	Aydınlatma cihazları
D Sınıf	75 W ile 600W arasında Kişisel bilgisayarlar ve ekranları Televizyon alıcıları.

Burada A ve B sınıfı yükler için akım olarak belirlenen sınırlamalar, C ve D sınıfı yükler için güç olarak belirtilmiştir. D sınıfındaki yükler için sınırlamalar, Çizelge 3.1’ de belirtildiği gibi 75 W ile 600 W arasındaki güçler için geçerlidir. 75 W’ın altındaki güçler için herhangi bir sınırlama yoktur.

Distorsiyon, bir dalga şeklinde, ana bileşenin yanında farklı frekanslardaki bileşenlerin hangi oranda bulunduğunu veren bir ölçüttür. Matematiksel formülü denklem 3.5 ve 3.6’da verilen Toplam Harmonik Distorsiyon (THD) adı verilen bu ölçüt için standartta belirtilen sınırlamalar Çizelge 3.2’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.3 Harmonik sınırları

Harmonikler [n]	Sınıf A [A]	Sınıf B [A]	Sınıf C [Temel bileşenin %'si]	Sınıf D [mA/W]
Tek Harmonikler				
3	2.3	3.45	30. Güç fak.	3.4
5	1.14	1.71	10	1.9
7	0.77	1.155	7	1
9	0.4	0.6	5	0.5
11	0.33	0.495	3	0.35
13	0.21	0.315	3	3.85/13
$15 \leq n \leq 39$	$0.15 \cdot 15/n$	$0.225 \cdot 15/n$	3	$3.85/n$
Çift Harmonikler				
2	1.08	1.62	2	-
4	0.43	0.645	-	-
6	0.3	0.45	-	-
$8 \leq n \leq 40$	$0.23 \cdot 8/n$	$0.345 \cdot 8/n$	-	-

$$THD = \sqrt{\frac{\sum_{n=2}^{\infty} I_n^2}{I_1^2}} \quad (3.5)$$

$$THD(\%) = 100x \sqrt{\frac{I_{eff}^2 - I_{1eff}^2}{I_1^2}} \quad (3.6)$$

Sinüzoidal akım çeken yüklerde, gerilim ile akımın aynı fazda olmadığı durumlarda, gücün akış yönünde değişiklik olur ve aktif güç yükte harcanırken, faz farkından dolayı oluşan reaktif güç yükte harcanmadan şebekeye geri verilir.

Sinüzoidal olmayan akım çeken yüklerde ise, aktif gücün dışında reaktif güç ile akımdaki harmonik bileşenler sebebi ile şebekeden, kayba ve ısınmaya dönüşen güçler çekilir. Şebekeden çekilen gücün verimli bir şekilde kullanılması, güç faktörü kavramını oluşturmuştur. Buna göre güç faktörü, şebekeden çekilen ve yük tarafından işe dönüşen aktif gücün, şebekeden çekilen toplam güce oranını veren ifadedir. Bu ifadenin 1 olması reaktif güç ile harmonik akımların 0 olduğunu gösterir.

$$\text{Güç Faktörü} = \frac{\text{Aktif Güç}}{\text{Toplam Güç}} = \frac{P}{S} \quad (3.7)$$

Şebekeden çekilen aktif güç, gerilim ve akımın ana bileşenlerinin efektif değerleri ile aralarındaki faz farkı cinsinden ifade edilir.

$$P = V_{1eff} \times I_{1eff} \times \cos\theta_1 \quad (3.8)$$

Şebekeden çekilen toplam güç ifadesi, gerilim ve akımın, tüm harmonikli bileşenlerini içermek üzere, efektif değerlerine bağlıdır.

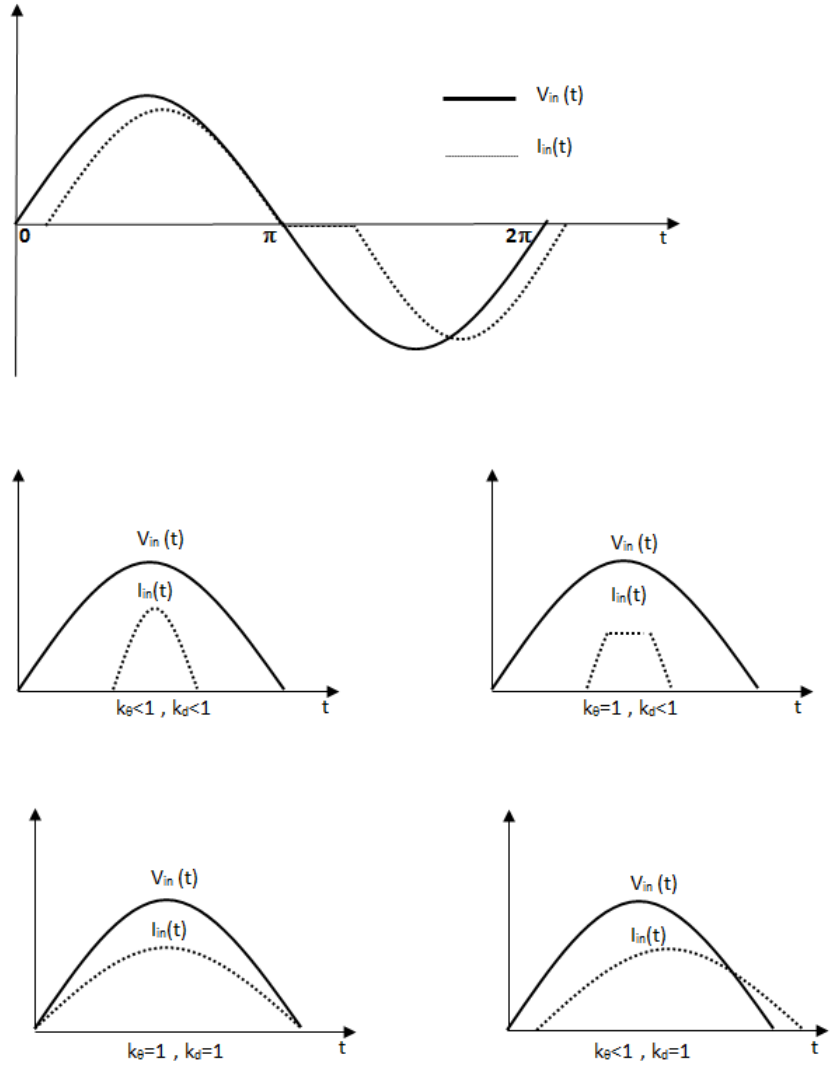
$$S = V_{eff} \times I_{eff} \quad (3.9)$$

$$\text{Güç Faktörü} = \frac{V_{1eff} \times I_{1eff} \times \cos\theta_1}{V_{eff} \times I_{eff}} \quad (3.10)$$

Gerilimde harmonik olmadığı durumda güç faktörü aşağıdaki gibi basitleştirilebilir.

$$\text{Güç Faktörü} = \frac{I_{1eff}}{I_{eff}} \cos\theta_1 = k_d \times k_\theta \quad (3.11)$$

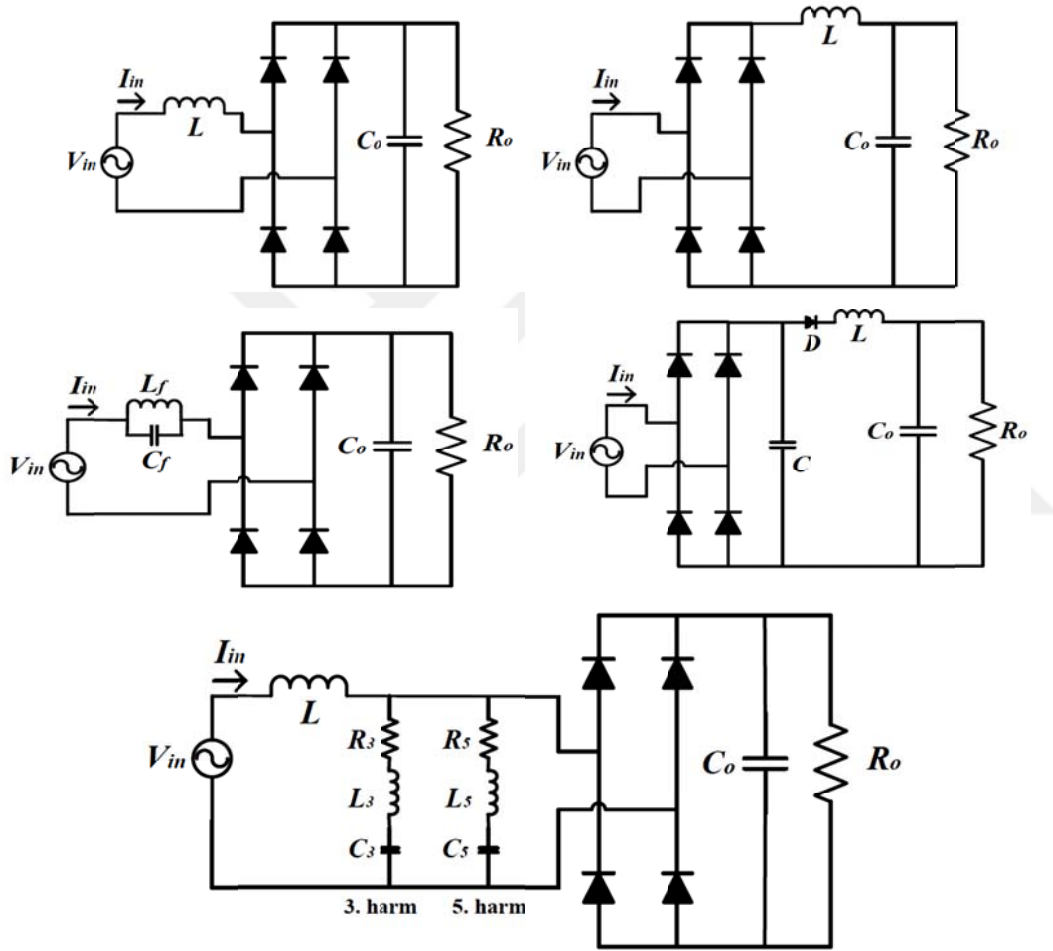
k_d bozulma faktörü ve k_θ kayma faktörüdür.



Şekil 3.10. Farklı kayma ve bozulma faktörü oranlarında gerilim-akım dalga şekilleri(Genç,2010)

Standartlara uygun olarak istenilen değerlerde güç faktörü ve harmonikleri sağlanarak güç kalitesini artırılması Güç Faktörü Düzeltme (PFC) devreleri ile mümkündür. PFC devreleri pasif ve aktif olarak ikiye ayrılır; pasif devreler, SMPS'nin DC/DC dönüştürme aşamasından önce pasif elemanlar kullanır. Pasif devre elemanlarından (bobin (L) ve kondansatör (C)) yapılan bu filtrelerin ucuz olmaları ve herhangi bir kontrol devresine ihtiyaç duymamaları en büyük avantajlarıdır. Pasif filtreler, ağır ve büyük boyutlu olması, geç dinamik cevap

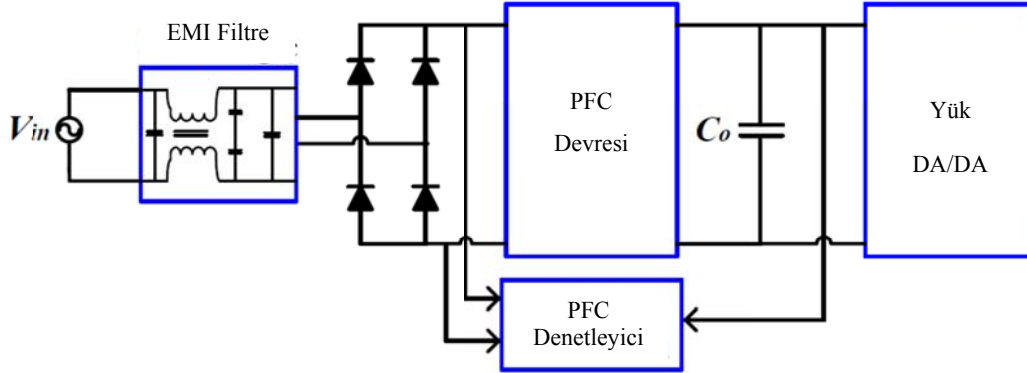
verme süresine sahip olma ve geniş yük aralığında kullanılamama gibi özelliklere sahip olduğundan düşük güç uygulamalarında tercih edilmektedir. AA/DA devrelerinde girişe seri bağlanan bir filtre bobini giriş akımının güç katsayısını ve harmonik bozulmasını düzeltebilmektedir. Fakat yine de uluslararası standartlarda belirtilen değerlerde düzeltme yapamaz. Yüksek güç uygulamaları için ($>100W$) uygun değildir. En temel pasif PFC devreleri aşağıda verilmiştir.



Şekil 3.11. Genel giriş ve çıkışı rezonans filtreli pasif PFC devre örnekleri(Genç,2010)

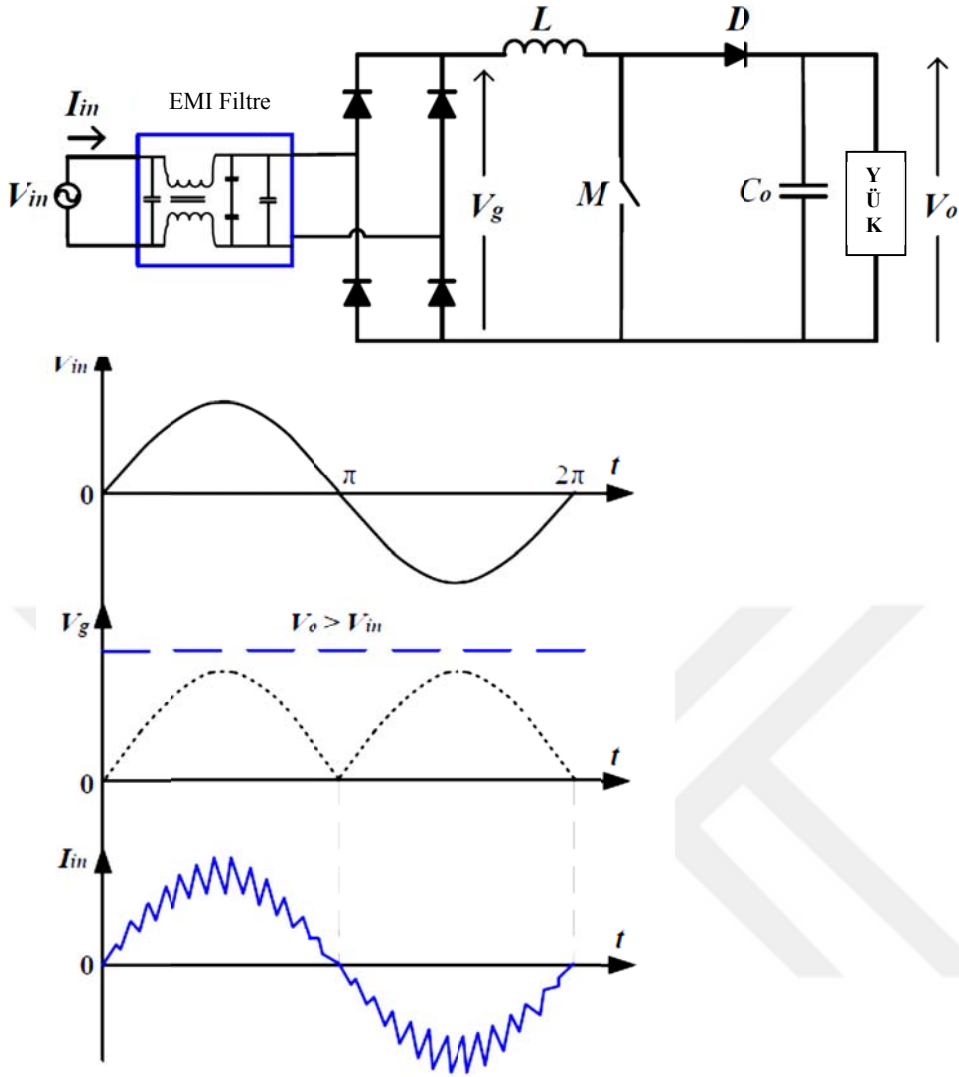
Şebeke için doğrusal yük olmayan temel AA/DA devrelerinde 1'e yakın giriş güç katsayısı ve düşük harmonik içerikli sinüzoidal dalga şekline sahip giriş akımı elde etmek için aktif PFC devrelerin kullanılması oldukça uygun bir yöntemdir. Aktif PFC, PFC devresini kontrol etmek için yarıiletken anahtarlama ve kontrol denetleyicilerinden oluşan devrenin kullanılması ile şebekeden çekilen

akım her an izlenmesi sağlanır. Böylelikle çıkış gerilimi regüle edilir ve giriş güç katsayısını yükseltir



Şekil 3.12. Genel aktif PFC yöntemi blok şeması(Genç,2010)

Güç katsayısı düzeltmede en çok kullanılan devre olan boost(yükselten) tip aktif PFC devresi Şekil 3.13’de görülmektedir. Çıkış gerilimi her zaman giriş geriliminden yüksek olduğundan, buck tip PFC devresinde meydana gelen giriş geriliminin sıfıra yakın noktalarındaki bozulma oluşmamaktadır. Yani, bu devrenin PFC kontrolünde, giriş geriliminin sıfır noktasından tepe noktasına kadar devre anahtarlamalı olarak çalıştırılabilir. Bu sayede, giriş akım dalga şekli tamamen giriş gerilim dalga şekline dönüştürülebilir. Bu devrenin diğer devrelere göre en büyük avantajı, giriş akımı hem sürekli iletim modunda hem de buck tip PFC devresinde olduğu gibi kesikli iletim modunda olabilir. Boost aktif PFC devresinin endüktör akımının sürekli iletim modunda olmasının en önemli avantajı giriş akımının dalgacık oranının düşük olmasıdır. Bu da, daha düşük akım değerlerine sahip devre elemanlarının kullanılması ve daha düşük boyutlu EMI filtresine ihtiyaç duyulması anlamına gelir.



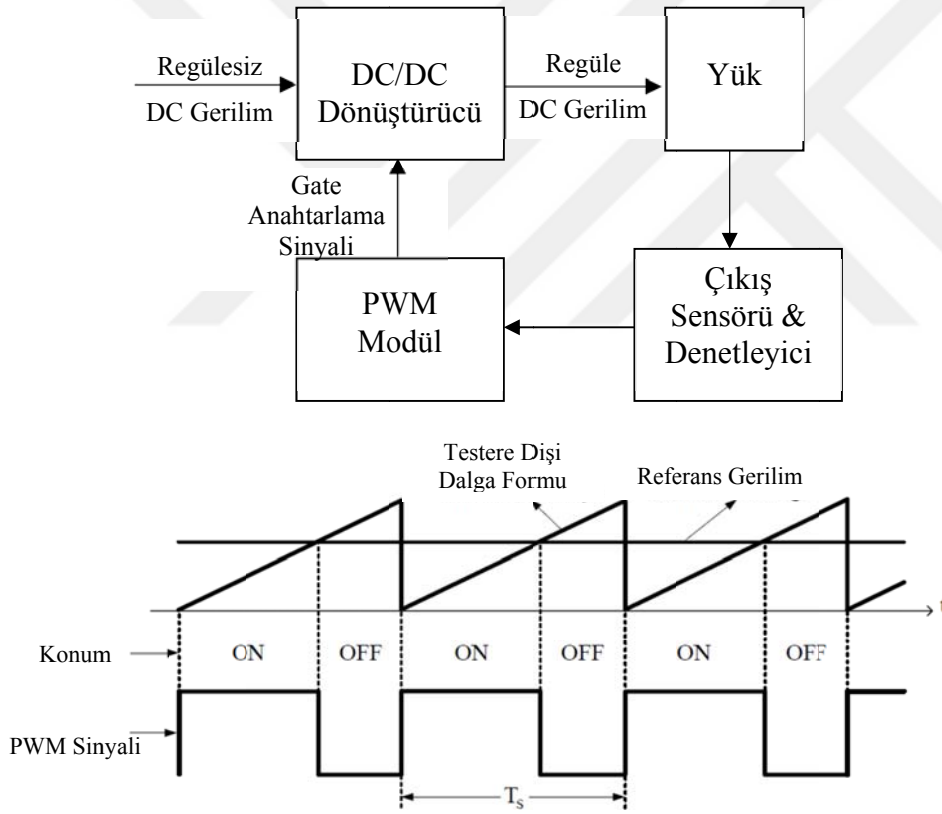
Şekil 3.13. Genel boost(yükselten) tip aktif PFC devresi ve akım, gerilim dalga formları(Genç,2010)

Orta ve yüksek güç uygulamalarında düşük boyutlu ve yüksek güç yoğunluğuna sahip PFC devresi elde edilebilmenin temel yöntemi girişte kullanılan EMI süzgecinin boyutunun düşürülmesi ve devrede yarıiletkenlerin soğutulması için kullanılan soğutucuların boyutunun düşürülmesidir. Bu nedenle, girişte daha düşük boyutlu EMI süzgeç gereksinimi duyan ortalama akım kontrollü yükselten PFC devresi önemli bir seçenektir. Fakat, yüksek güç uygulamalarında klasik tek anahtarlı yükselten PFC devresinde kullanılan yarıiletkenlerin nominal akım değerleri yüksek olduğundan, daha büyük boyutlu

soğutuculara ihtiyaç duyulmaktadır. Güç devrelerinin yanı sıra boost devrede kullanılan yarıiletkenlerin paralellenmesi yöntemi ile daha düşük değerli anahtarlar kullanılmakta ve soğutucu boyutu düşürülebilmektedir. Genel olarak boost tipi yükselten güç kartlarında güç kapasitesini sınırlayan etmenler; akım arttırıldıkça anahtarlama elemanları üzerindeki akım streslerinin artması, diyotların ters dönüşüm akımları ve oluşan rezonant akımları elemanların nominal sınırlarını aşacak düzeyde yüksek olmasıdır. Akımın artması ile güç elemanlarının yaymış olduğu ısı artarak ömürlerinin azalmasına ve daha hızlı arıza konumuna geçmesine neden olmaktadır. Güvenilirlik açısından uygun olmayan bu durumun çözümü olarak doyuma ulaşmayacak şekilde endüktörün boyutunun arttırılması gerekir. Devrenin güç kapasitesinin arttırılması için anahtarlama elemanı paralelleme ve/veya dönüştürücü modülü paralelleme yöntemleri kullanılmaktadır (Genç, 2010). Klasik boost dönüştürücüde kullanılan tek anahtarın yerine iki veya daha fazla anahtarın paralellenerek kullanılması ile tek bir anahtarlama elemanı üzerindeki stres azaltılmış olacaktır. Paralel kullanılan anahtarların tümüne aynı tetikleme sinyali uygulanır. Bazı uygulamalarda, birden çok klasik yükselten dönüştürücü modül halinde tasarlanarak belli güç kapasitesini karşılamak üzere birlikte kullanılırlar. Bu yöntemin en büyük dezavantajı, daha fazla komponent kullanıldığından pahalı ve kapladığı alanın büyük olmasıdır. Her bir modül için ayrı soğutucu kullanılmaktadır. Bir önceki yöntemde olduğu gibi modüller arası akımın eşit paylaşılması zordur (Genç, 2010; Braga and Barbi, 1999).

PFC devrelerin küçük boyutlu olması için anahtarlama frekansı yükseltilir. Fakat bu devrelerde anahtarlama frekansı arttıkça anahtarlama kayıpları artmakta ve toplam devre verimi düşmektedir. IGBT ve MOSFET gibi yüksek frekanslarda çalışabilen güç elektroniği devre elemanlarının kullanıldığı PFC devrelerinin verimini arttırmak için sıfır gerilim anahtarlama (ZVS) ve sıfır akım anahtarlama (ZCS) yöntemlerinin yanı sıra sıfır gerilim geçişli (ZVT) ve sıfır akım geçişli (ZCT) yumuşak anahtarlama yöntemleri de geliştirilmiştir. Yumuşak anahtarlama yöntemi anahtarlama kayıplarını azalttığı gibi EMI üretimini de azaltmaktadır.

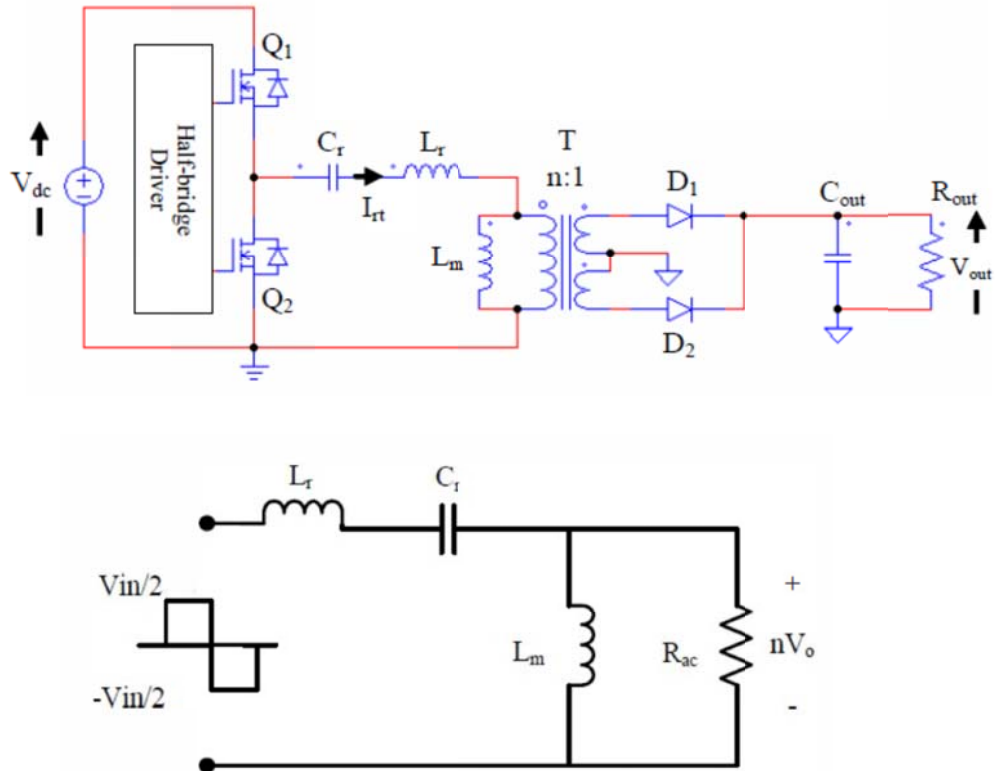
Anahtarlama DC/DC güç kaynaklarında yarıiletken anahtar elemanının kontrolünde, ortalama akım kontrol yönteminin haricinde histerisiz akım kontrol yöntemi, tepe akım kontrol yöntemi, PWM (Pulse Width Modulation) kontrol yöntemi gibi farklı kontrol yöntemleri kullanılmaktadır (Rosetto et al., 1994; Smedley et al., 2001; Kaya, 2008). Şekil 3.26’da genel PWM kontrol yöntemi blok diyagramı verilmiştir. Güç kaynağı içerisindeki anahtarlama elemanı için yükte meydana gelen değişimler algılanarak kontrol sinyali üretilir. Bu referans sinyal anahtarlama elemanının gate sinyaline uygulanarak regülasyon sağlanır. Yük çıkış gerilimindeki her bir değişim sonucu belirli bir frekansta çalışan PWM kontrol sinyalinin darbe genişliği değişerek sistem kontrolü sağlanır.



Şekil 3.14. Genel PWM kontrol sistemi blok diyagramı ve dalga formları

3.4 Yarım Köprü LLC Rezonans Devresi ve Tasarımı

Güç kaynaklarında sert anahtarlama yapılarının kullanılması verimliliği düşürdüğü gibi elektromanyetik bozulmalara da neden olmaktadır. Bu sorunların ortadan kaldırılması için rezonans dönüştürücü devreleri kullanılır. Rezonans dönüştürücü devrenin çıkış empedansı, frekans modülasyon kontrol devresi ile regüle edilir. Böylelikle seri veya şönt direnç kullanılmasının önüne geçilir. Rezonans dönüştürücülerde yumuşak anahtarlama teknikleri kullanılarak anahtarlama kayıpları azaltılarak verim artmaktadır. Seri rezonans dönüştürücüler, paralel rezonans dönüştürücüler ve seri-paralel rezonans dönüştürücüler güç elektroniği devrelerinde kullanılır. Rezonans devresi, birincil taraf yarım köprü LLC evirici(inverter) devresi ve ikincil taraf orta çıkışlı tam köprü doğrultucu olmak üzere iki kısımdan oluşur. Temel yarım köprü LLC rezonans dönüştürücü devresi ve eşdeğer devresi aşağıdaki şekilde gösterilmiştir.



Şekil 3.15. Genel LLC rezonans dönüştürücü devresi ve eşdeğer devresi(Simone,2014)

Yarım köprü rezonans dönüştürücülerin çalışması İlk Harmonik Yaklaşımı(FHA) ile açıklanabilir. FHA yaklaşımı, kaynaktan rezonant tank içerisindeki yüke güç aktarımının, ilgili akımların ve gerilimlerin Fourier açılımının temel harmoniğine bağlı olduğu varsayımına dayanır. Bu yaklaşım rezonant tankın rezonans frekansında (sürekli iletme modunda) çalışma noktaları için oldukça doğru sonuçlar verirken, rezonansın altında (kesikli iletim modunda) daha düşük frekanslarda daha az hassas fakat yine de geçerlidir. (Simone,2104)

Şekil 3.15'deki devre %50 Duty Cycle ile üst üste binmeden çalışabilmektedir. Bu nedenle rezonans tank giriş gerilimi $V_{sq}(t)$, $V_{dc}/2$ ortalama değerli karedalga formundadır. Bu durumda C_r kapasitesi hem rezonans kapasitörü hem de DC bloklayıcı olarak çalışır. Sonuç olarak C_r üzerindeki gerilim $V_{dc}/2$ olarak görülür. Rezonans tankın giriş gerilimi Fourier formunda aşağıdaki eşitlikte verilmiştir.

$$V_{sq}(t) = \frac{V_{dc}}{2} + \frac{2}{\pi} V_{dc} \sum_{n=1,3,5,\dots} \frac{1}{n} \sin(n2\pi f_{sw}t) \quad (3.12)$$

Temel bileşen V_{iFHA} aşağıdaki eşitlikte verilmiştir.

$$V_{iFHA}(t) = \frac{2}{\pi} V_{dc} \sin(2\pi f_{sw}t) \quad (3.13)$$

f_{sw} anahtarlama frekansıdır. V_{iFHA} rms değeri

$$V_{iFHA} = \frac{\sqrt{2}}{\pi} V_{dc} \quad (3.14)$$

Bu kabullerin sonucunda rezonans tank akımı $i_{rt}(t)$, giriş geriliminin temel bileşenine uygun olarak rms değeri, faz farklı sinüzoidal akım olacaktır.

$$i_{rt}(t) = \sqrt{2}I_{rt} \sin(2\pi f_{sw}t - \Phi) = \sqrt{2}I_{rt} \cos\theta \cdot \sin(2\pi f_{sw}t) - \sqrt{2}I_{rt} \sin(\Phi) \cdot \cos(2\pi f_{sw}t) \quad (3.15)$$

Bu akım, tank devresinin çalışılan frekans bölgesinde rezonans bobini veya kapasitörü tarafından domine edilir. Rezonans tanka DC giriş gerilimi uygulandığında anahtarlama peryodu boyunca MOSFET iletimde kalma süresine bağlı olarak kaynaktan çekilen i_{dc} akımı aşağıda verilmiştir.

$$I_{dc} = \frac{1}{T_{sw}} \int_0^{\frac{T_{sw}}{2}} i_{rt}(t) dt = \frac{\sqrt{2}}{\pi} I_{rt} \cos\Phi \quad (3.16)$$

T_{sw} anahtarlama frekansının peryodudur.

Girişten çekilen gerçek güç,

$$P_{in} = V_{dc} I_{dc} = V_{iFHA} I_{rt} \cos\Phi \quad (3.17)$$

Olarak hesaplanabilir. V_{dc} giriş gerilimi, I_{dc} giriş akımının ortalama değeri, V_{iFHA} giriş geriliminin rms değeri, $I_{rt} \cos\phi$ akımın birinci harmoniğidir.

LLC rezonans dönüştürücü devresinin ikincil kısmındaki diyot doğrultucular yarı-sinüzoidal bir akım ile sürülürler ve bu akım sıfır olduğunda gerilim tersine döner; böylece diyot doğrultucu bloğunun girişindeki gerilim kare dalga formunda görülür. V_{osqr} çıkış gerilimi;

$$V_{osq}(t) = \frac{4}{\pi} V_{out} \sum_{n=1,3,5,\dots} \frac{1}{n} \sin(n2\pi f_{sw} t - \Psi) \quad (3.18)$$

Temel bileşeni;

$$V_{oFHT}(t) = \frac{4}{\pi} V_{out} \sin(2\pi f_{sw} t - \Psi) \quad (3.19)$$

rms değeri;

$$V_{oFHA} = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} V_{out} \quad (3.20)$$

Ψ girişe bağlı çıkış değerinin faz kaymasıdır.

Doğrultucu akımının temel bileşeni;

$$i_{rect}(t) = \sqrt{2}I_{rect} \sin(2\pi f_{sw}t - \Psi) \quad (3.21)$$

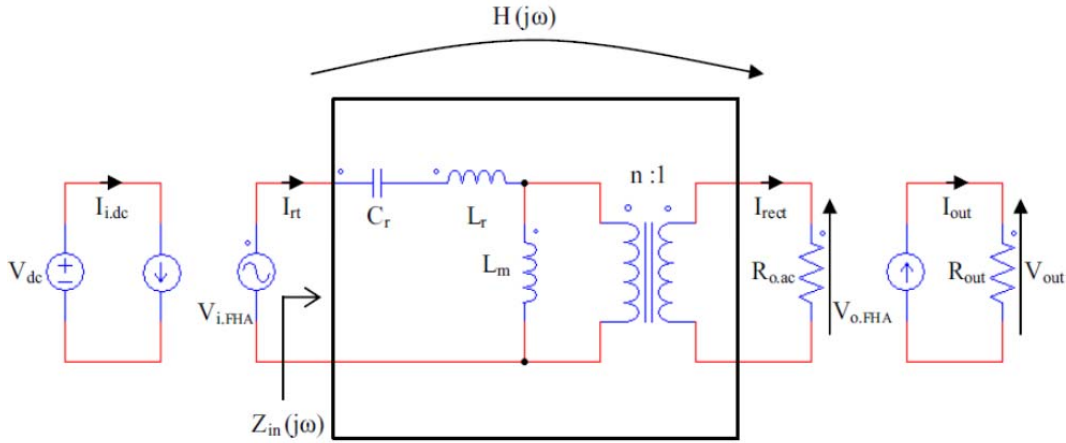
Yükteki ortalama çıkış akımı;

$$I_{out} = \frac{2}{T_{sw}} \int_0^{\frac{T_{sw}}{2}} |i_{rect}(t)| dt = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} I_{rect} = \frac{P_{out}}{V_{out}} = \frac{V_{out}}{R_{out}} \quad (3.22)$$

P_{out} , R_{out} çıkış direnci ile ilişkili çıkış gücüdür.

$$R_{oac} = \frac{V_{oFHA}(t)}{i_{rect}(t)} = \frac{V_{oFHA}}{i_{rect}} = \frac{8}{\pi^2} \frac{V_{out}^2}{P_{out}} = \frac{8}{\pi^2} R_{out} \quad (3.23)$$

Böylelikle Şekil 3.15'deki non lineer devre Şekil 3.16'deki lineer devreye dönüşmüş olur.



Şekil 3.16. LLC rezonans dönüştürücü FHA eşdeğer modeli(Simone,2014)

$H(s)$ ve $Z_{in}(s)$ modelin transfer fonksiyonlarıdır.

$$H(s) = \frac{V_{oFHA}(s)}{V_{iFHA}(s)} \quad (3.24)$$

$$Z_{in}(s) = \frac{V_{iFHA}(s)}{I_{rt}(s)} \quad (3.25)$$

Transformatörün birincil tarafına yansıyan etkin direnç yükü R_{ac} ;

$$R_{ac} = n^2 R_{oac} \quad (3.26)$$

Normalize Gerilim Dönüşüm Oranı veya Gerilim Kazancı $M(f_{sw})$;

$$M(f_{sw}) = n \frac{V_{oFHA}}{V_{iFHA}} \quad (3.27)$$

$$\frac{1}{2n} M(f_{sw}) = \frac{V_{out}}{V_{dc}} \quad (3.28)$$

olarak belirlenir.

Gerilim Kazancı $M(f_n, \lambda, Q)$;

$$M(f_n, \lambda, Q) = \frac{1}{\sqrt{\left(1 + \lambda - \frac{\lambda}{f_n^2}\right)^2 + Q^2 \left(f_n - \frac{1}{f_n}\right)^2}} \quad (3.29)$$

Rezonans Frekansı f_r ;

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_r C_r}} \quad (3.30)$$

Karakteristik Empedans Z_o ;

$$Z_o = \sqrt{\frac{L_r}{C_r}} = 2\pi f_r L_r = \frac{1}{2\pi f_r C_r} \quad (3.31)$$

Kalite Faktörü Q ;

$$Q = \frac{Z_o}{R_{ac}} = \frac{Z_o}{n^2 R_{oac}} = \frac{\pi^2}{8} \frac{Z_o}{n^2} \frac{P_{out}}{V_{out}^2} \quad (3.32)$$

Endüktans Dönüşüm Oranı;

$$\lambda = \frac{1-M_{min}}{M_{min}} \frac{f_{nmax}^2}{f_{nmax}^2-1} = \frac{1}{m} \quad \lambda = \frac{L_r}{L_m} \quad (3.33)$$

Normalize Frekans f_n ;

$$f_n = \frac{f_{sw}}{f_r} \quad (3.34)$$

Yüksüz durumda ($Q=0$) iken rezonans frekansı f_o ; normalize frekans f_{no} ;

$$f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{(L_r+L_m)C_r}} = f_r \sqrt{\frac{\lambda}{\lambda+1}} \quad (3.35)$$

$$f_{no} = \frac{f_o}{f_r} = \sqrt{\frac{\lambda}{\lambda+1}} \quad (3.36)$$

Maksimum giriş geriliminde gerekli minimum gerilim kazancı M_{min} ;

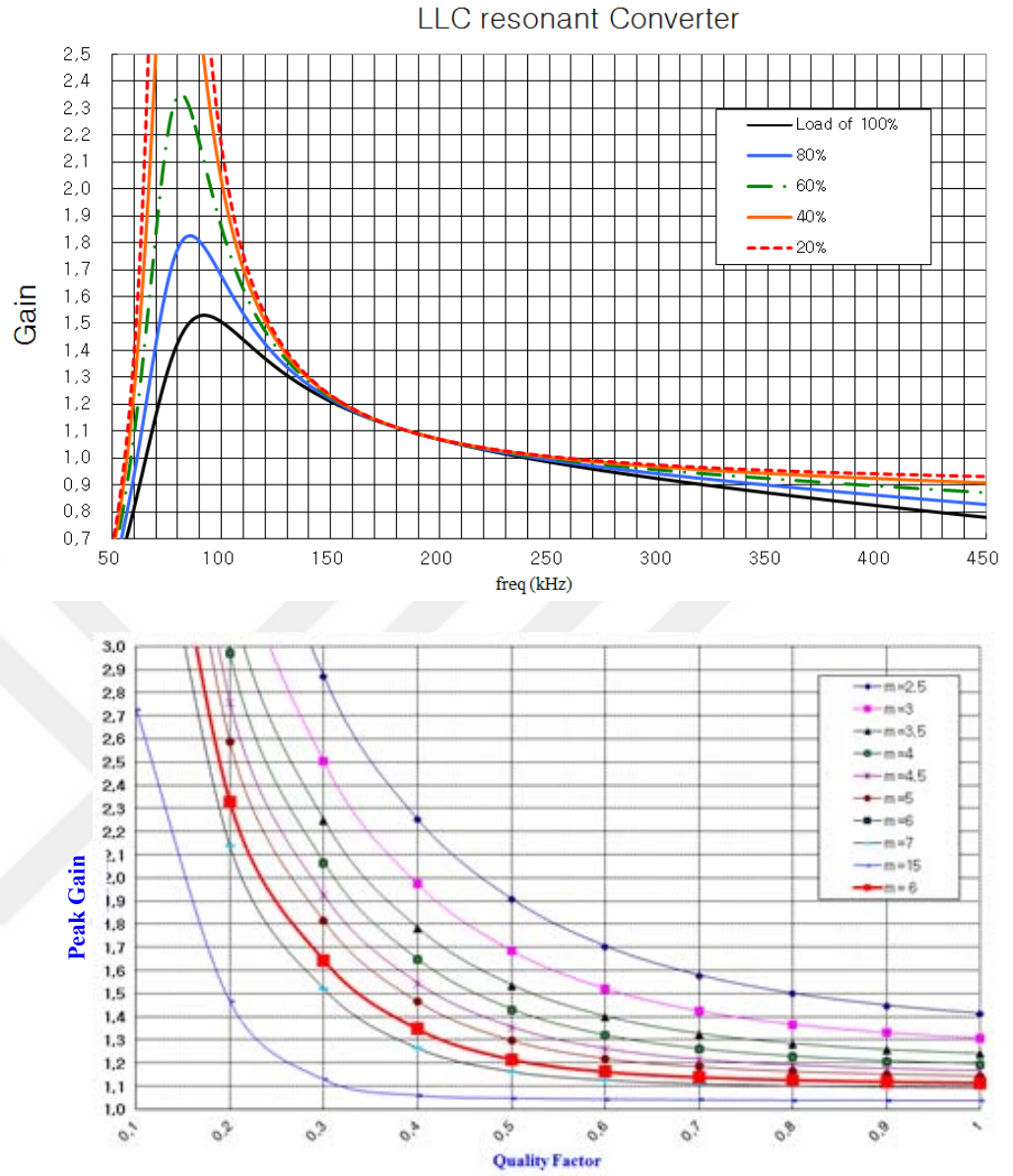
$$M_{min} = 2n \frac{V_{out}}{V_{dcmax}} \quad (3.37)$$

Minimum giriş geriliminde gerekli maksimum gerilim kazancı M_{max} ;

$$M_{max} = 2n \frac{V_{out}}{V_{dcmin}} \quad (3.38)$$

Verilen giriş gerilimi çalışma aralığında ($V_{dc.min} - V_{dc.max}$) 3 çalışma şekli görülür.

- Step-Up çalışma, her zaman rezonans frekansı altında
- Step-Down çalışma, her zaman rezonans frekansı üstünde
- Rezonans frekansı boyunca (Şekil 3.17)



Şekil 3.17. LLC rezonans dönüştürücü kazanç-frekans grafiği ve kazanç-Q grafiği(Simone,2014)

Minimum çalışma frekansı $f_{n,min}$;

$$f_{nmin} = \sqrt{\frac{1}{1 + \frac{1}{\lambda} \left(1 - \frac{1}{M_{max}^2} \right)}} \quad (3.39)$$

Maksimum çalışma frekansı $f_{n,max}$;

$$f_{nmax} = \sqrt{\frac{1}{1 + \frac{1}{\lambda} \left(1 - \frac{1}{M_{min}}\right)}} \quad (3.40)$$

Maksimum Kalite Faktörü Q_{max} ;

$$Q_{max} = \frac{\lambda}{M_{max}} \sqrt{\frac{1}{\lambda} + \frac{M_{max}^2}{M_{max}^2 - 1}} \quad (3.41)$$

LLC dönüştürücü devrenin birincil kısmındaki anahtarlama elemanlarının düğüm noktasındaki toplam kapasite C_{ZVS} ;

$$C_{ZVS} = 2C_{oss} + C_{stray} \quad (3.42)$$

C_{oss} ; güç transistörü drain-source arasındaki kapasitans

C_{stray} ;rezonans tank boyunca görülen kaçak kapasitans

Q_{max} değerini %5 veya %10 marjin göz önünde bulundurarak hesaplanabilir.

$$Q_{ZVS1} = (\%90 - \%95). Q_{max} \quad (3.43)$$

Maksimum giriş geriliminde ve yüksüz durumda iken Q_{ZVS2} değeri ;

$$Q_{ZVS2} \leq \frac{2}{\pi} \frac{\lambda f_{nmax}}{(\lambda + 1) f_{nmax}^2 - \lambda} \frac{T_D}{R_{ac} C_{ZVS}} \quad (3.44)$$

Rezonans dönüştürücünün tüm çalışma aralığı içinde ZVS'nin doğru olarak çalıştığının garanti altına alınabilmesi için maksimum kalite faktörü Q_{max} , hesaplanan Q_{ZVS1} ve Q_{ZVS2} değerlerinden en küçüğü seçilir.

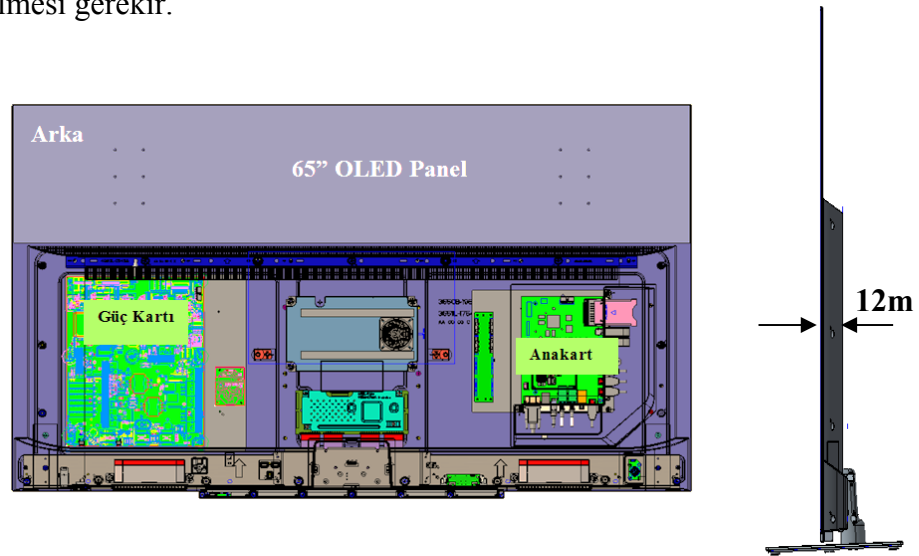
3.5 OLED TV İçin Güç Kartı Tasarımının Gerçekleştirilmesi

OLED TV güç kartı tasarımına başlamadan önce yapılması gereken ilk iş spesifikasyonlarının belirlenmesidir. Hedeflenen özelliklere uygun olarak topolojiler belirlenir, tasarım ve Ar-Ge testleri (güvenilirlik, elektriksel ve EMI testleri vb.) ile tasarım doğrulaması gerçekleştirilir.

3.5.1 Güç Kartının Speklerinin Belirlenmesi

65" OLED TV güç kartı tasarımı için mekanik, elektriksel ve EMC (Elektro Manyetik Uyumluluk) speklerinin belirlenmesi gerekir.

OLED TV yapısı gereği oldukça incedir. Elektronik kart ve güç kartının bu ince mekanik yapı içerisinde herhangi bir performans, elektromanyetik, güvenlik ve güvenilirlik sorunu oluşturmadan üretilebilir olacak şekilde yerleştirilmesi gerekmektedir. Anakart, güç kartı ve OLED ekran kartı arasındaki kablolama güvenlik ve EMI sorunu oluşturmayacak şekilde gerçekleştirilmelidir. Bu çalışmada güç kartının izin verilebilir en yüksek kalınlığı 12 mm'dir. Güç kartının istenilen güç değerine ulaşmak için bu yükseklik seviyesi önemli ölçüde sınırlayıcıdır. Güç elemanlarının maksimum yüksekliği bu değerden düşük olarak seçilmesi gerekir.



Şekil 3.18. OLED TV yandan ve arkadan görünümü mekanik yapı, elektronik kart yerleşimleri

OLED TV'nin güç harcayan 2 bileşeni vardır. OLED panel ve anakart'tır. Televizyonun güç kaynağı belirli güvenilirlik aralığında ($<80\%$ stres), bu iki bileşenin ihtiyaç duyduğu gerilim ve akım değerlerini istenilen güçte sağlaması gerekir. OLED panel, boyutlarına göre farklı değerlerde güç harcar. 65" OLED panel üretici firma spek değerlerine baktığımızda yaklaşık 400W güce ihtiyaç duyulmaktadır. Güç kartı Spesifik olarak 24 V/16A sağlaması gerekir. Televizyon anakartında, görüntü ve ses işleme entegre devreleri kullanılmaktadır. Öncelikle anakartın güç haritasının belirlenmesi gerekir. Maksimum çalışma akım/gerilim değerlerine bağlı olarak ihtiyaç duyulan güç tanımlanır. Anakart üzerindeki entegre devrelerin, ses yükleteç boğunun, tuner gibi bileşenler için ortalama ihtiyaç duyulan akım yaklaşık 5 A civarındadır. Anakart beslemesi için ses yükselteç devresi $24V_{DC}$ diğer modüller için $12V_{DC}$ kullanıldığında yaklaşık 60W civarında güç gereksinimi oluşur. Toplam güç gereksinimi ise yaklaşık 450W civarındadır. Güvenlik ve güvenilirlik tasarım kriterlerine göre elektronik komponentlerin maksimum stres seviyesinde çalıştırılması uygun değildir. Uygun marjinlerde çalışması komponentlerin çalışma ömrünü artıracaktır. Bu amaçla 600W güç aktarımı sağlayacak güç kaynağının tasarımı gerçekleştirilmiştir.

OLED TV'nin elektromanyetik uyumluluk (EN55013-EN55022) ve güvenlik (EN60950) gereksinimleri uluslararası standartlara uygun olarak gerçekleştirilmesi gerekir. EMC testleri içerisinde CE (Conducted Emission-İletim Yoluyla Işıma) ve harmonik testleri (EN61000-3-2) önemli olacaktır. Standartlara göre güç kartının primer-sekonder arası transformatör ile izoleli olması gerekir.

3.5.2 Uygun Topolojilerin Belirlenmesi

SMPS devrelerinin içerdiği doğrultma, anahtarlama elemanı ve enerji depolama elemanlarının düzenine göre topoloji seçilirken çıkış güç seviyesi, maliyet, boyutlar, ripple, verim, EMI, zaman gibi özel gereksinimlere bakılır. Güç kaynağının speklerine göre uygun topolojiler ve güç aralıkları aşağıdaki çizelgede gösterilmiştir. Sadece çalışılan güç aralıklarına baktığımızda 3 farklı topoloji kullanılabilmektedir.

Çizelge 3.4 Televizyon uygulamaları için uygun topolojiler ve güç aralıkları

	0-100 W $I_{out} < 5A$	0-100 W $I_{out} > 5A$	100-400W	400-1200W	1200W-3kW
Tek Anahtarlı Flyback	✓	-	-	-	-
Çift Anahtarlı Flyback	✓	-	-	-	-
Tek Anahtarlı Forward	✓	✓	-	-	-
Çift Anahtarlı Forward	✓	✓	✓	-	-
Yarım Köprü Rezonant	-	-	✓	✓	-
Tam Köprü Rezonant	-	-	-	✓	-
ZVC Tam Köprü Rezonant	-	-	-	✓	✓

Benzer şekilde yarıiletken anahtarlama elemanlarını akım ve güç değeri yüksek seçilebilir. Ancak bu elemanların üzerinde biriken stres, kullanılan soğutucuların büyük olması, üretilen ısı miktarı ve anahtarlama kayıpları da yüksek olmasından dolayı paralelleme tercih edilmiştir. Böylece her bir anahtarlama elemanı üzerindeki akım düşecektir. Her ne kadar kullanılan komponent sayısı iki katına çıksa bile elektronik kartın güvenilirliği artırılmış olacaktır. Ayrıca potansiyel olarak arızalanma olasılığı düşürülerek ürün geri dönüşüm oranının azalması beklenmektedir.

Bu amaçla maliyet, güvenilirlik, boyut kısıtı göz önünde bulundurularak 65” OLED TV güç kartı için interleaved (araya girmeli) PFC devresi, televizyonun bekleme modu için buck tipi Flyback DC/DC dönüştürücü, anakart ve OLED ekran için yarım dalga rezonant DC/DC dönüştürücü topolojileri kullanılmıştır.

3.5.3 Güç Kartı Ana Blok Diyagramı ve Çalışma Prensibi

Güç kartının ana modülleri;

- Tam dalga köprü doğrultucu;
- Interleaved PFC bloğu,
- 5V çıkış gerilimine sahip Flyback Converter bloğu,
- 12V ve 24V çıkış gerilimlerine sahip Yarım köprü rezonant dönüştürücü

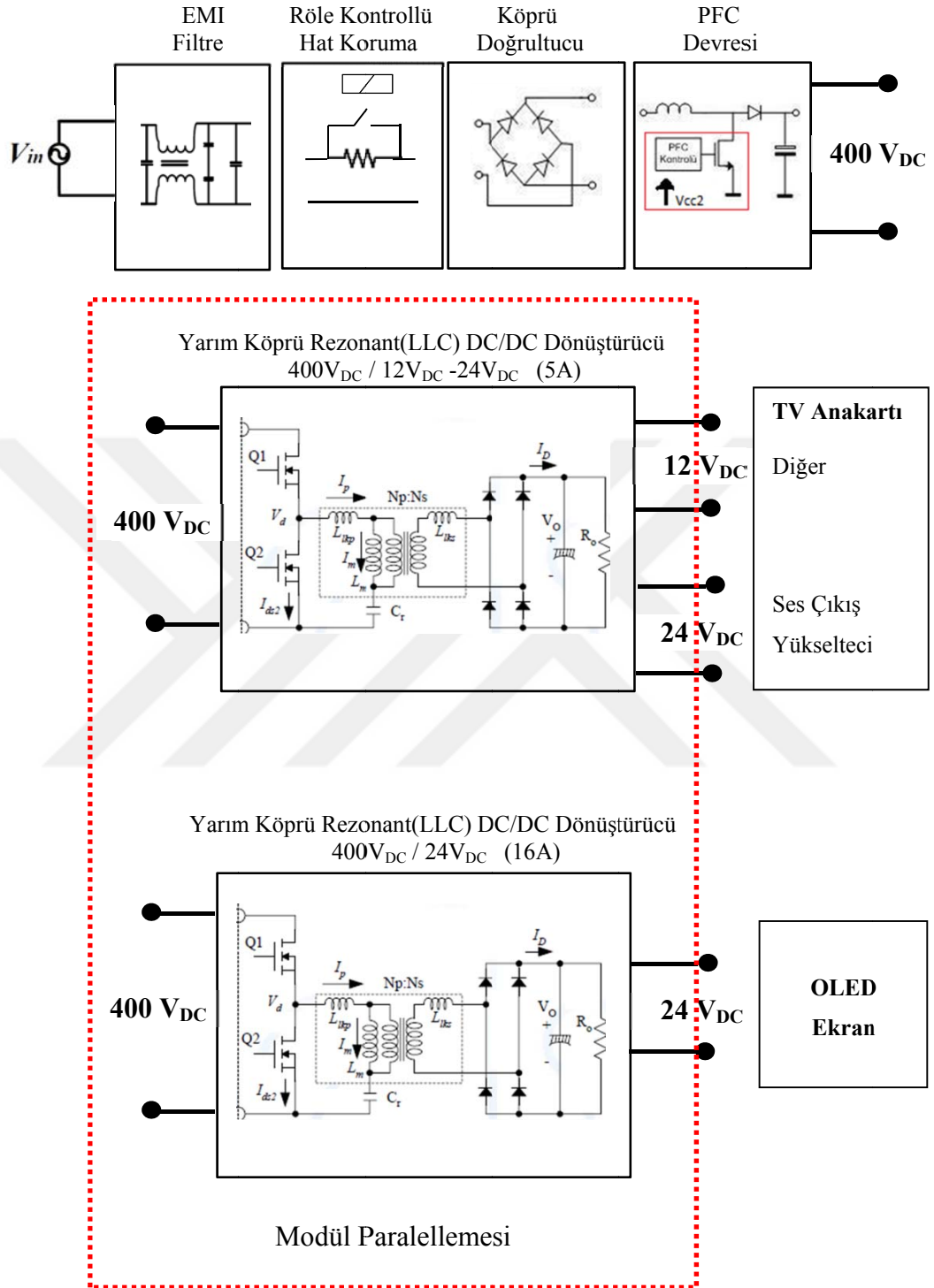
içeren bir AC/DC güç kaynağıdır.

Güç devresinin maksimum giriş gücü, 170Vac şebeke gerilimi için 600W, 100Vac şebeke gerilimi için 450W'dır. OLED TV'nin güç harcayan bileşenleri anakart ve paneldir. Anakart üzerindeki entegre devrelerin, ses yükselteç boğunun, tünér gibi bileşenler için ortalama ihtiyaç duyulan akım yaklaşık 5 A civarındadır. Anakart beslemesi için yaklaşık 60W civarında güç gereksinimi vardır. OLED panel beslemesi için 24 V kullanılmaktadır. OLED Panel kendinden ışımaya yaptığı için yüksek güç harcamaktadır. Yaklaşık 16 A çekmektedir ve ortalama 384W güç harcamaktadır. Sistemin ana tasarım spesifikasyonları aşağıda verilmiştir.

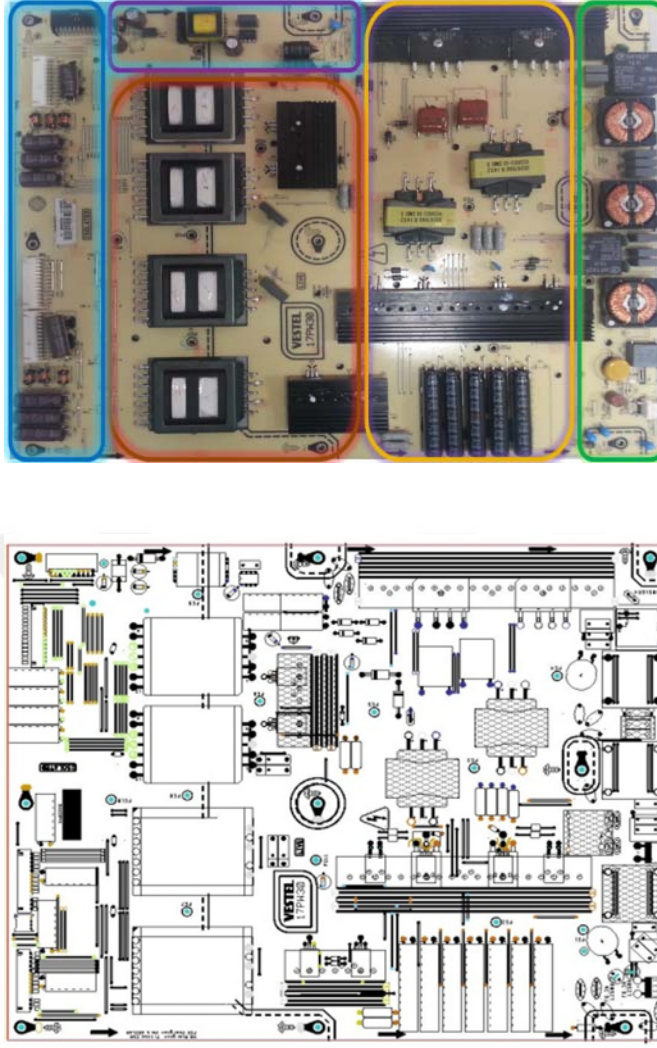
Çizelge 3.5 Güç kartı tasarım spesifikasyonu

Tasarım Spesifikasyonları	
Giriş Gerilim Aralığı : $V_{ac.min} - V_{ac.max}$	170 V – 270V
Nominal Giriş Gerilimi : $V_{ac.nom}$	230 V
Şebeke Çalışma Frekansı :f	50 Hz
Regüle Çıkış Gerilimi : V_{dcout}	12 V@5 A, 24V@5A 24V @16A
Maksimum Çıkış Gücü : P_{out}	600W

Şekil 3.19'da OLED TV için tasarlanmış güç kartının ana blok diyagramı görülmektedir.



Şekil 3.19. OLED TV güç kartı blok diyagramı



Şekil 3.20. OLED TV güç kartı komponent yerleşimi ve fotoğrafı

PFC Devresi

PFC bloğunun ana görevi şebekeye yayılan harmonik gürültülerin kontrol edilmesinin sağlanmasının yanısıra, kendinden sonra gelen SMPS blokları için DC bir giriş gerilimi sağlamaktır. PFC devresinin bir boost converter yapısında olduğu düşünülerek şebeke geriliminin doğrultulmuş etkin değerinden daha yüksek bir gerilime PFC devresinin çıkış gerilimi olmalıdır. Güç kartının PFC çıkış gerilimi $+400V_{DC}$ 'ye ayarlanmış olup, Yarım Köprü Rezonant DC/DC Dönüştürücü bu gerilimden beslenmektedir.

Güç kartının PFC devresi yüksek güç tüketimi nedeniyle faz kaydırmalı olarak çalışan arayagirmeli (interleaved) yapıda tasarlanmıştır. Interleaved PFC, iki adet aktif PFC devresinin asenkron olarak paralel çalışması prensibine dayanan devre yapısıdır. Birbirleri ile asenkron olarak çalışan PFC mosfetleri, 2 kat anahtarlama frekansına sahip tek bir mosfetin transfer edeceği enerjiyi transfer edebilir. Böylece tek bir mosfet ikiye ayrılıp anahtarlama frekansı yarıya indirilmiş olur. Bu sayede iletim durumunda toprağa akacak toplam akım da iki mosfet tarafından eşit olarak paylaşılır. Bu durumda hem mosfet hem de çıkış diyotları üzerindeki iletim kayıpları ve anahtarlama kayıpları yarı yarıya azaltılmış olur. Böylece daha küçük R_{th} değerine sahip olan kılıftaki mosfet ve diyot kullanımı mümkün olacaktır. Aynı zamanda bobin üzerinde depolanan akımın deşarjı için daha uzun bir süre kalacağından hacmen daha küçük bir bobin kullanımı da sağlanmış olacaktır. Alan sorunu olmayan ancak yükseklik kısıtı olan ince yapılı güç kartları için anahtarlama elemanlarının aşırı yük altında çalışması engellendiğinden güvenilirlik düzeyi artacaktır.

LLC Yarım Köprü Rezonant Dönüştürücü Tasarım Adımları

Güç kartı tasarımının güvenilirlik açısından en önemli bölümüdür. Tasarım, istenilen fiziksel boyutlarda, maksimum güç aktaracak çalışma frekans aralığında, devre elemanlarının optimum elektriksel ve ısı stresi altında çalışması sağlanmalıdır. MOSFET'lerin çalışma koşulları düşünüldüğünde endüktif bölgede çalışan, ZVS Sıfır gerilim geçişlerinde anahtarlama yapan tasarım gerçekleştirilmiştir. Tasarımın belirli pratik kurallara göre gerçekleştirilmesi zaman açısından yarar sağlayacaktır. Literatürde birçok tasarım prosedürü olmak ile beraber sistem optimizasyonu, güvenilirlik ve tasarımda kullanılacak malzemelerin özelliklerine uygun deneyimlere dayalı tasarım gerçekleştirmek mümkündür. Yarım köprü LLC dönüştürücü için tasarım adımları aşağıda verilmiştir.(Simone,2014)

Adım 1: İlk adım olarak, denklem (3.28) nominal giriş geriliminde Gerilim kazancı 1'e eşitlenir ve gerilim dönüşüm oranı hesaplanır. Gerilim dönüşüm oranı aynı zamanda transformatörün primer-sekonder dönüşüm oranıdır.

Adım 2:Giriş geriliminin en düşük ve en yüksek aralığı için en düşük ve en yüksek kazanç değerleri denklem (3.37) ve denklem (3.38) kullanılarak hesaplanır.

Adım 3:Maksimum normalize çalışma frekansı, denklem (3.34) kullanılarak hesaplanır.

Adım 4:Transformatörün birincil kısmına yansıyan etkin yük direnci denklem (3.23) kullanılarak hesaplanır.

Adım 5:Maksimum giriş gerilimi ve maksimum frekansta sıfır yük altında çalışan dönüştürücü için endüktans dönüşüm oranı denklem (3.33) kullanılarak hesaplanır.

Adım 6:Minimum giriş gerilimi ve maksimum yük koşulunda denklem (3.41) kullanılarak Q_{max} değeri ve denklem (3.43) kullanılarak Q_{ZVS1} maksimum kalite faktörü hesaplanır.

Adım 7:Maksimum giriş gerilimi ve sıfır yük koşulunda denklem (3.44) kullanılarak Q_{ZVS2} maksimum kalite faktörü hesaplanır.

Adım 8:Tüm çalışma aralığı için en küçük maksimum kalite faktörü belirlenir. $Q_{ZVS} \leq \min\{Q_{ZVS1}, Q_{ZVS2}\}$

Adım 9: Minimum giriş geriliminde ve maksimum yük için en düşük çalışma frekans aralığı denklem (3.40) dan türetilerek denklem (3.45) elde edilir.

$$f_{min} = f_r \sqrt{\frac{1}{1 + \frac{1}{\lambda} \left(1 - \frac{1}{M_{max}^{1 + \left(\frac{Q_{ZVS}}{Q_{max}} \right)^4}} \right)}} \quad (3.45)$$

Adım 10: Rezonans tank devresinin tüm bileşenleri hesaplanır.

$$Z_o = Q_{ZVS} R_{ac} \quad C_r = \frac{1}{2\pi f_r Z_o} \quad L_r = \frac{Z_o}{2\pi f_r} \quad L_m = \frac{L_r}{\lambda} \quad (3.46)$$

24 V için Tasarım spesifikasyonları aşağıda verilmiştir.

Çizelge 3.6 24 V Güç bloğu için tasarım spesifikasyonları

Tasarım Spesifikasyonları	
Giriş Gerilim Aralığı : $V_{dc.min} - V_{dc.max}$	320 V – 420V
Nominal Giriş Gerilimi : $V_{dc.nom}$	400 V
Regüle Çıkış Gerilimi : V_{out}	24V @16A
Maksimum Çıkış Gücü : P_{out}	600W
Rezonans Frekansı : f_r	100 kHz
Maksimum Çalışma Frekansı: f_{max}	120 kHz
Gerekli Ek Bilgiler	
Parazitik Kapasitans : C_{ZVS}	350 pF
Dead Time : T_D	500 ns

12 V için Tasarım spesifikasyonları aşağıda verilmiştir.

Çizelge 3.7 12 V Güç bloğu için tasarım spesifikasyonları

Tasarım Spesifikasyonları	
Giriş Gerilim Aralığı : $V_{dc.min} - V_{dc.max}$	320 V – 420V
Nominal Giriş Gerilimi : $V_{dc.nom}$	400 V
Regüle Çıkış Gerilimi : V_{out}	12V @ 5A
Maksimum Çıkış Gücü : P_{out}	300W
Rezonans Frekansı : f_r	100 kHz
Maksimum Çalışma Frekansı: f_{max}	120 kHz
Gerekli Ek Bilgiler	
Dead Time : T_D	500 ns

Yukarıda belirtilen tasarım adımlarındaki formüllerin uygulanmasıyla aşağıdaki tasarım sonuçları elde edilmiştir.

Çizelge 3.8 24 V Güç bloğu için tasarım sonuçları

Adım	Denklem	Sonuç
1	$n = \frac{1}{2} \frac{V_{dcnom}}{V_{out}}$	n=8.33
2	$M_{max} = 2n \frac{V_{out}}{V_{dcmin}}$ $M_{min} = 2n \frac{V_{out}}{V_{dcmax}}$	$M_{max}=1.249$ $M_{min}=0.952$
3	$f_{nmax} = \frac{f_{max}}{f_r}$	$f_{nmax}=1.2$
4	$R_{ac} = \frac{8}{\pi^2} n^2 \frac{V_{out}^2}{P_{out}}$	$R_{ac}=54 \Omega$
5	$\lambda = \frac{1 - M_{min}}{M_{min}} \frac{f_{nmax}^2}{f_{nmax}^2 - 1} = \frac{1}{m}$	$\lambda=0.165$ $m=6.075$
6	$Q_{ZVS1} = \%95. Q_{max}$ $= \%95. \frac{\lambda}{M_{max}} \sqrt{\frac{1}{\lambda} + \frac{M_{max}^2}{M_{max}^2 - 1}}$	$Q_{max}=0.392$ $Q_{ZVS1}=0.372$
7	$Q_{ZVS2} \leq \frac{2}{\pi} \frac{\lambda f_{nmax}}{(\lambda + 1) f_{nmax}^2 - \lambda R_{ac} C_{ZVS}} \frac{T_D}{C_{ZVS}}$	$Q_{ZVS2}=2.21$
8	$Q_{ZVS} = \min(Q_{ZVS1}, Q_{ZVS2})$	$Q_{ZVS}=0.372$
9	$f_{min} = f_r \sqrt{\frac{1}{1 + \frac{1}{\lambda} \left(1 - \frac{1}{M_{max}^{1 + \left(\frac{Q_{ZVS}}{Q_{max}} \right)^4}} \right)}}$	$f_{min}=68.6 \text{ kHz}$
10	$Z_o = Q_{ZVS} R_{ac} \quad C_r = \frac{1}{2\pi f_r Z_o}$ $L_r = \frac{Z_o}{2\pi f_r} \quad L_m = \frac{L_r}{\lambda}$	$Z_o=20.09 \Omega$ $C_r=66 \text{ nF}$ $L_r=26.6 \mu\text{H}$ $L_m=161.6 \mu\text{H}$

Çizelge 3.9 12 V Güç bloğu için tasarım sonuçları

Adım	Denklem	Sonuç
1	$n = \frac{1}{2} \frac{V_{dcnom}}{V_{out}}$	n=16.66
2	$M_{max} = 2n \frac{V_{out}}{V_{dcmin}}$ $M_{min} = 2n \frac{V_{out}}{V_{dcmax}}$	M _{max} = 1.249 M _{min} =0.952
3	$f_{nmax} = \frac{f_{max}}{f_r}$	f _{nmax} =1.2
4	$R_{ac} = \frac{8}{\pi^2} n^2 \frac{V_{out}^2}{P_{out}}$	R _{ac} =13.416 Ω
5	$\lambda = \frac{1 - M_{min}}{M_{min}} \frac{f_{nmax}^2}{f_{nmax}^2 - 1} = \frac{1}{m}$	λ=0.165 m=6.075
6	$Q_{ZVS1} = \%95. Q_{max}$ $= \%95. \frac{\lambda}{M_{max}} \sqrt{\frac{1}{\lambda} + \frac{M_{max}^2}{M_{max}^2 - 1}}$	Q _{max} = 0.392 Q _{ZVS1} =0.372
7	$Q_{ZVS2} \leq \frac{2}{\pi} \frac{\lambda f_{nmax}}{(\lambda + 1) f_{nmax}^2 - \lambda R_{ac} C_{ZVS}} \frac{T_D}{R_{ac} C_{ZVS}}$	Q _{ZVS2} =8.8
8	Q _{ZVS} =min(Q _{ZVS1} , Q _{ZVS2})	Q _{ZVS} =0.372
9	$f_{min} = f_r \sqrt{\frac{1}{1 + \frac{1}{\lambda} \left(1 - \frac{1}{M_{max}^{1 + \left(\frac{Q_{ZVS}}{Q_{max}} \right)^4}} \right)}}$	f _{min} =68.6 kHz
10	$Z_o = Q_{ZVS} R_{ac} \quad C_r = \frac{1}{2\pi f_r Z_o}$ $L_r = \frac{Z_o}{2\pi f_r} \quad L_m = \frac{L_r}{\lambda}$	Z _o =5 Ω C _r =265 nF L _r =6.64 μH L _m =40.24 μH

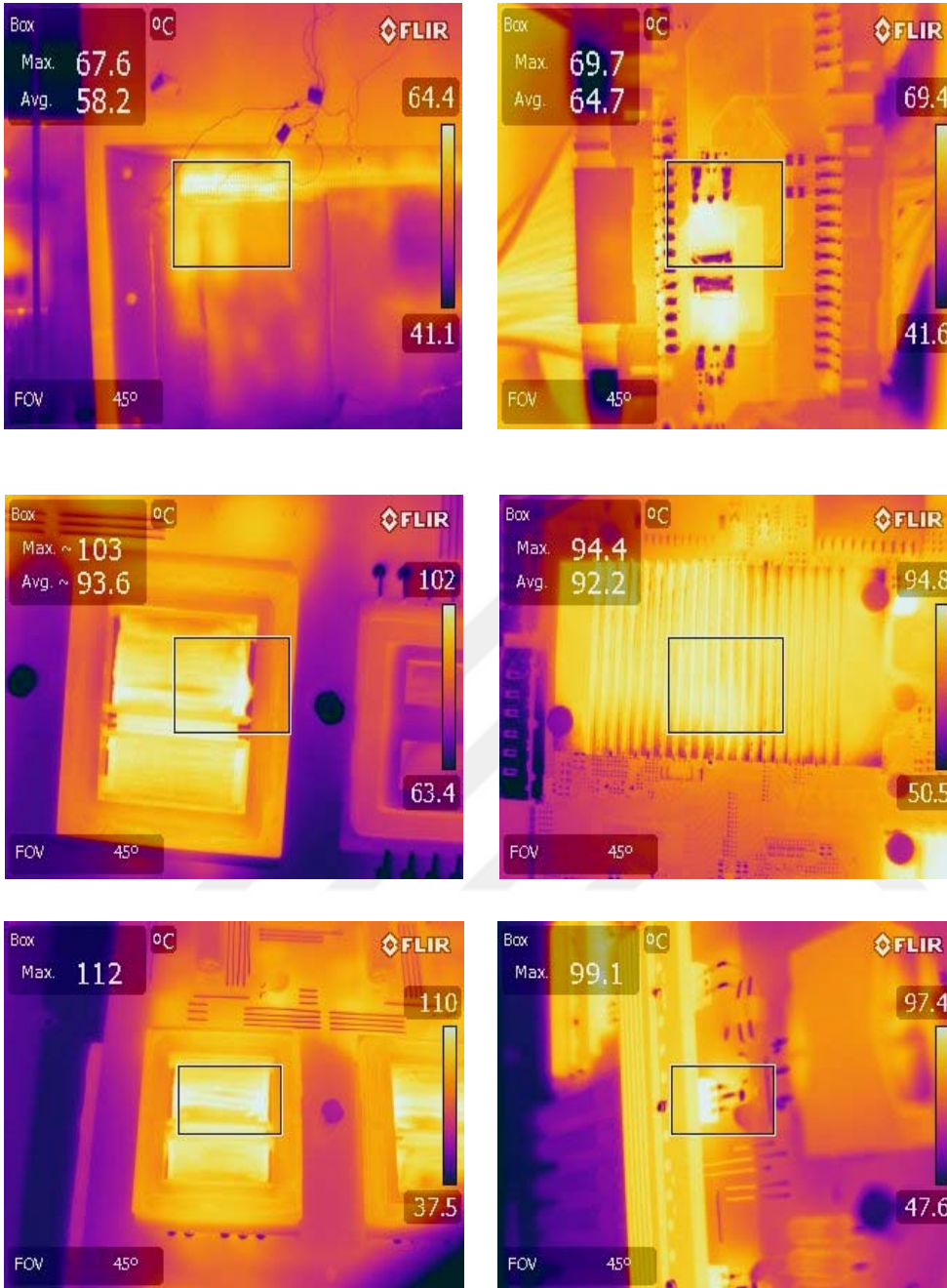
12 V ve 24 V yarım köprü LLC rezonans devrelerinin frekans ve yük değişimleri için MATLAB ve PSIM simülasyonları ile analiz edilmiştir. (Ek-2, Ek-3) Belirlenen tasarım spesifikasyonlarına bağlı olarak elde edilen tasarım sonuçlarına uygun devre elemanları seçilir. Standart bulunabilir devre elemanları referans alınarak hesaplamaları gerçekleştirmek tasarım süresi açısından yarar sağlayacaktır. Bu tasarımda elde edilen sonuçlara uygun transformatörün yüksekliği 40 mm'den yüksek çıkmıştır. 12mm maksimum izin verilebilir tasarım kriterine ulaşamamaktadır. Ayrıca güç anahtarlama devre elemanlarının maksimum güce yakın aralıkta çalışması ısı problemine ve dolayısıyla çalışma ömrünün kısalmasına neden olacaktır. Tasarımda kullanılacak malzemelerin ticari olarak elde edilebilir seçilmesi ve gerekli güvenilirlik tasarım kriterlerinin sağlanması için parametrelerin modifiye edilmesi gerekir. Bu çalışmada yüklerin eşit olarak paylaştırılması amacıyla 12V ve 24V bloklarının paralellenmesi gerçekleştirilmiştir. Yani bu trafo ve devre elemanlarından 2'şer adet kullanılmıştır. 2'şerli kullanılan bu transformatörlerin primerleri seri ve sekonderleri paralel bağlıdır. Çizelge 3.10'da belirtilen tur oranları her bir trafo için ayrı ayrı geçerli iken endüktans değerleri, trafoların primerleri seri olduğu için toplam endüktans değeridir. Böylelikle hem 12 mm maksimum yükseklik kriteri sağlanmış, hem de anahtarlama güç elemanlarının yarı yarıya güç aralığında çalıştırılarak ısı problemi ve dolayısıyla daha uzun ömürlü tasarım sağlanmış olmuştur. Isıl kayıpların azaltılması amacıyla çıkış tarafındaki diyotlar yerine $R_{ds\ on}$ ile orantılı güç harcayan ve anahtarlama denetleyici tarafından kontrol edilebilen Mosfet güç elemanları kullanılır. Güç kartında, her bir DC/DC dönüştürücü bloğunda 4 adet TEA1792 bulunmaktadır. Her bir TEA1792 entegresi tek bir senkron doğrultusu mosfetini kontrol eder. Bu paralelleme yöntemi ile anahtarlama elemanlarının çalışma ömrü artmaktadır. Bu tasarıma uygun transformatör parametreleri aşağıdaki çizelgelerde verilmiştir.

Çizelge 3.10 Modifiye edilmiş transformatör tasarım parametreleri

Parametre	12 V	24 V
Primer	USTC 0.06mm x 130 °C 26 Tur	LITZ 0.1mm x 130 °C 48 Tur
Sekonder	LITZ 0.16mm x 35 °C 3 Tur	LITZ 0.12mm x 130 °C 3 Tur
Sarım Oranı (n)	26 /3 =8.66	48 /3 =16
Nüve	EPC4344	EFD50
DC Direnç(R_{primer})	125 mΩ	225 mΩ
Toplam Primer Endüktans(L_m)	307μH	1 mH
Toplam Kaçak Endüktans (L_r)	68 μH	320 μH
Rezonans Tank Kapasitesi (C_r)	20 nF	20 nF

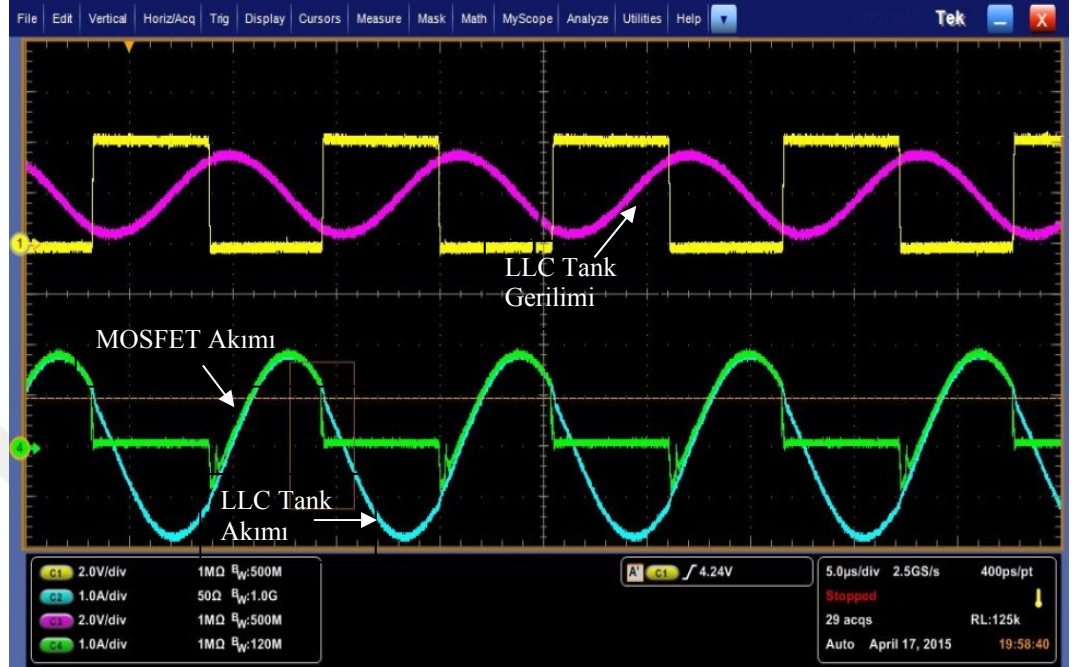
3.5.4 Deneysel Çalışmalar

Tasarlanan güç kartının tasarım doğrulaması için elektriksel, elektromanyetik uyum, çevresel, güvenilirlik ve güvenlik testleri uygulanabilir. Tüm bu testler sonucunda elde edilen sonuçlar uluslararası standartlarda belirtilen limitleri aşmaması istenir. Güç kartının farklı yük ve çalışma koşulları için her bir modülünün yerine getirmesi gereken fonksiyonlarının ve tasarım kriterlerinin sağlanıp sağlanmadığının belirlendiği elektriksel testlerdir. Güç harcayan devre elemanlarının aşırı stres altında çalışması istenmez. Laboratuvar koşullarında ölçülen değerlerin nominal değerinin %90'ı aşması istenmez. Aşırı streste çalışan devre elemanı daha fazla ısı üreterek kabin içi sıcaklığın artmasına ve daha hızlı arızalanmasına neden olacaktır. Güç kartının güvenilirlik açısından çok önemli olan sıcaklık haritasının çıkarılması ve devre elemanlarının üretici bilgi formunda yer alan izin verilen maksimum sıcaklığının aşmaması sağlanmalıdır. Şekil 3.21'de güç kartının termal kamera ile alınmış kritik devre elemanları için ısı haritası görülmektedir. Sıcaklık testleri sonucunda anahtarlama elemanı olarak kullanılan MOSFET'ler ve güç elemanları 40 °C ortam sıcaklığında 100 °C'den daha düşük bir sıcaklık gözlenmiştir. Bu değerler üretici firma speklerinde yer alan maksimum izin verilebilir sıcaklık değerinden yaklaşık 20 °C daha düşüktür.

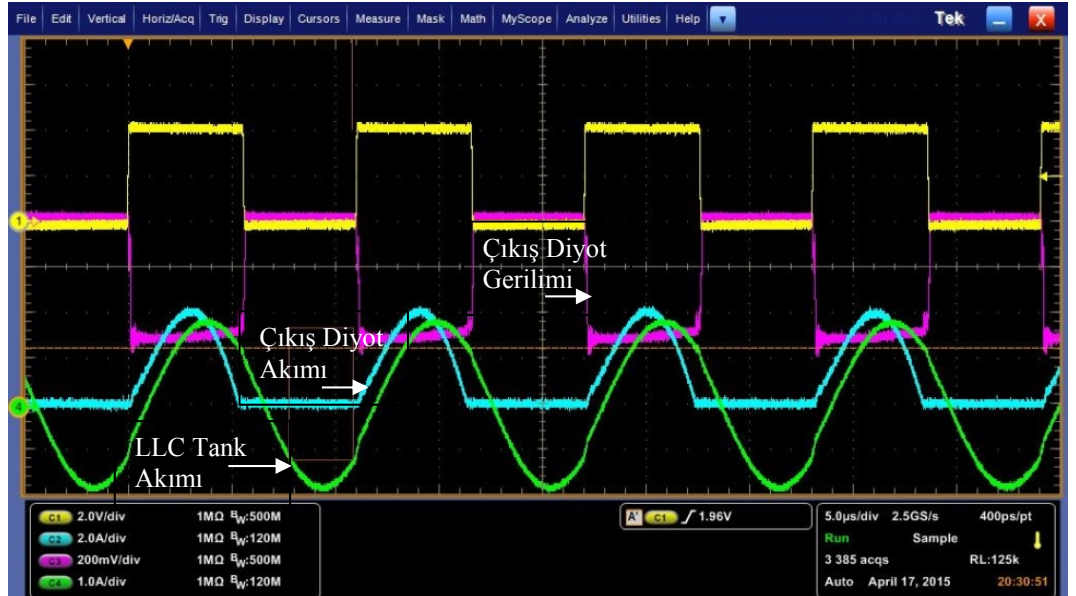


Şekil 3.21. Güç kartı yerleşim bölgesi genel ısı haritası ve sıcaklık ölçüm sonuçları.

Elektriksel ölçüm sonuçları ve dalga şekilleri Şekil 3.22’de gösterilmektedir.



a) LLC Primer

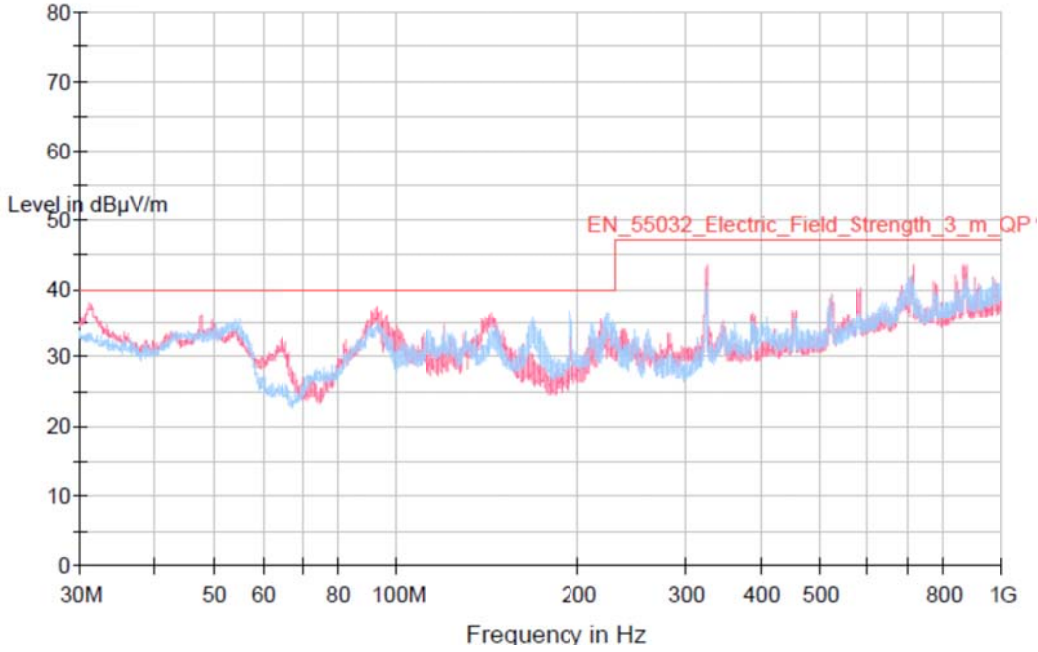
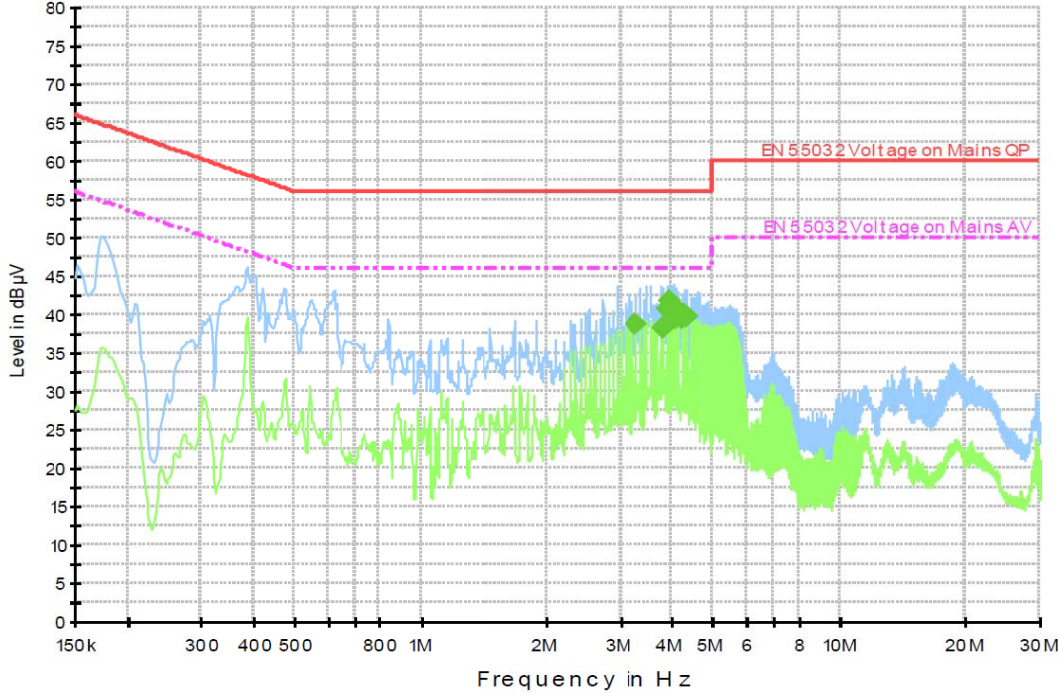


b) LLC Sekonder

Şekil 3.22. LLC devresi elektriksel sinyalleri

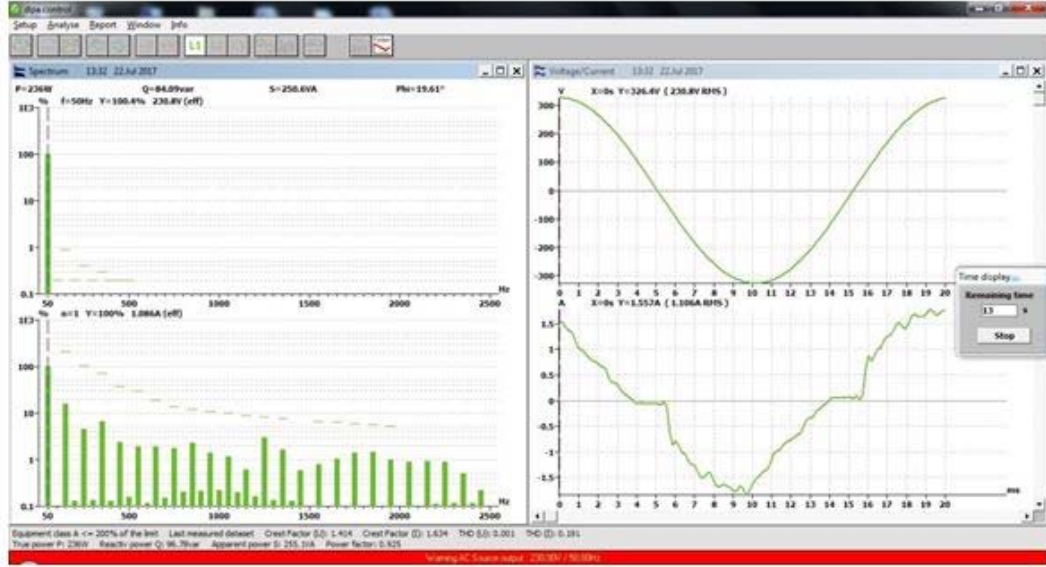
Güç kartı için kritik EMC (Conducted emission-Radiated emission) sonuçları aşağıda verilmiştir.

CE Test Sonucu



Şekil 3.23. EN55032:2012 CE test sonucu(150 kHz-30MHz) ve RE test sonucu(30MHz-1GHz).

CE test sonucu grafiğine baktığımızda limitlere en yakın durum 3.94125MHz frekansında 41.8 dB μ V ölçülerek 4.2 dB marjın sağlanmıştır. RE test sonucu grafiğine göre 193.47 MHz frekansında 36.49 dB μ V ölçülerek 3.51 dB marjın sağlanmıştır. Harmonik test sonucunda sırasıyla Class B ve Class D kriteri sağlanmalıdır.



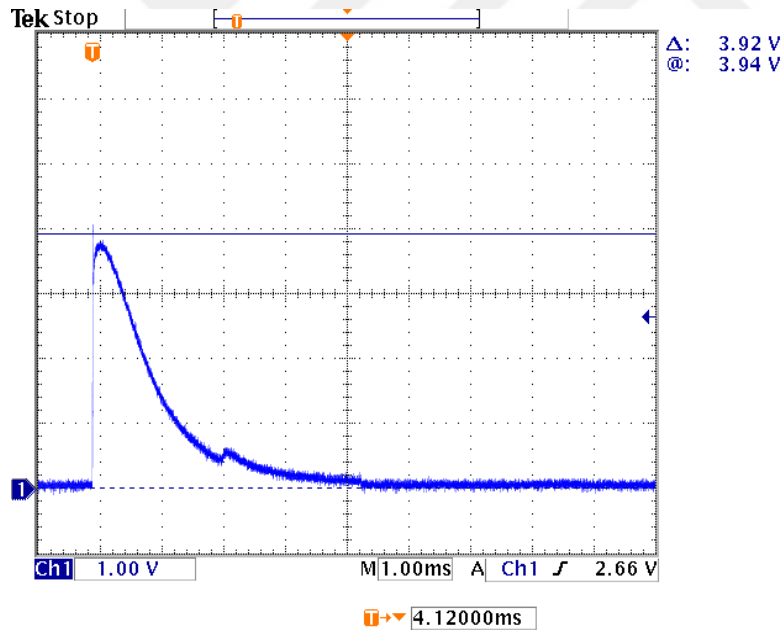
Maximum harmonic current results

Hn	I _{eff} [A]	% of Limit	Limit [A]	Result
1	1.089			
2	10.018E-3			PASS
3	172.407E-3	14.272	1.208	PASS
4	8.952E-3			PASS
5	51.543E-3	7.635	675.064E-3	PASS
6	7.312E-3			PASS
7	72.339E-3	20.360	355.297E-3	PASS
8	5.631E-3			PASS
9	26.419E-3	14.871	177.648E-3	PASS
10	5.830E-3			PASS
11	24.486E-3	19.690	124.354E-3	PASS
12	5.496E-3			PASS
13	21.593E-3	20.518	105.239E-3	PASS
14	4.972E-3			PASS
15	21.340E-3	23.407	91.169E-3	PASS
16	5.019E-3			PASS
17	25.509E-3	31.698	80.475E-3	PASS
18	4.832E-3			PASS
19	16.199E-3	22.503	71.983E-3	PASS
20	4.707E-3			PASS

Şekil 3.24. EN61000-3-2:2014 Maksimum harmonik akım sonuçları.

Standartta belirtilen koşullarda gerçekleştirilen harmonik akım testleri Class D kriterlerini sağlamıştır. Bu durumda g kartı için nerilen PFC devresinin tasarım doğrulanması gerçekleştirilmiş olmaktadır.

Inrush akımı g kartının devre elemanlarına ciddi zarar verebilmektedir. Özellikle g kartı içerisinde kullanılan elektrolitik kapasitenin şarj deşarjı ile oluşmaktadır. OLED TV g kartında ölçülen inrush akımı 41.7 A llmştş. Inrush akımı ölçüm düzeneginde R_{inr} kullanılarak gerçekleştirilir. Sisteme seri olarak $R_{inr} = 0.094 \Omega$ üzerinde ölçülen gerilim değeri ile akım belirler. G kartında seçilen devre elemanları bu ani akıma karşı dayanacak speklerde seçilmesi gerekir. Özellikle g anahtarı, sigorta, köprü diyotları ve yarıiletken anahtarlama devre elemanlarının Inrush akım dayanımının >41.7 A olması sağlanmalıdır.



şekil 3.25. Inrush akım ölçüm grafiği

Deneysel alışmalar sonucunda elde edilen bulgular gösteriyor ki, g kartı üzerindeki devre elemanlarının sıcaklık ve elektriksel stres seviyelerinin nominal değerinin %80-%85 seviyelerinde olması ve tasarımın bu şekilde gerçekleştirilmesinin güvenilirlik düzeyinin artmasına optimum katkı sağlayacağı görülmektedir.

4. ALEVE DAYANIKLI PLASTİK MALZEME UYGULAMASI

OLED TV'nin dış kozmetik aksamı plastik malzemeden üretilmektedir. OLED TV'nin en önemli avantajı incelik olmakla birlikte, elektronik kartlar arasında sadece birkaç milimetre mesafe bulunmaktadır. Elektronik cihazlar; çevre koşulları, komponent ömürleri ve kullanıma bağlı olarak arıza durumuna geçebilirler. Bu durumda, en istenmeyen durum yangın riskinin oluşmasıdır. Potansiyel bir yangın anında yangının çoğalmasını engellemek amacıyla plastik malzeme içerisine üretim işleminde alev geciktirici katkıları ilave edilmektedir. Böylelikle alevin yayılış hızının azaltılması mümkün olmaktadır. Termoplastiklerde yanmazlık ateş çekildikten sonra malzemenin sönme süresi ile ilgilidir. UL94 standardına göre gerçekleştirilen test sonucuna göre plastik malzemenin yanmazlık sınıflandırması gerçekleştirilir. V0 olarak sınıflandırılan plastik yanmazlık açısından en iyi değere sahiptir (Dikey test plakasının ateşi uzaklaştırdıktan sonra 10 sn içerisinde sönmesi gereklidir). Polimer malzeme içerisine katılan alev geciktirici katkıları ile alevin yayılış hızı yavaşlatılarak yangın riski azaltılmaktadır. Ancak bu katkıları doğaya zarar veren ağır metaller veya halojenlerden oluşan bileşenler içermektedir. Bu bileşenlerin kullanımı Avrupa Birliği'nin ROHS yönetmeliklerinde sınırlandırılmıştır. Alev geciktirici kompozit içeren V0 plastik hammadde, normal ABS plastik malzeme maliyetinin yaklaşık 3 katı fiyatında olmakla birlikte, plastik enjeksiyon makinelerinde güç bir şekilde işlenmektedir.

Bu tez çalışmasında, ROHS standartlarına uygun, yanmazlık sınıfı yüksek ve düşük maliyetli alev geciktirici malzeme eldesi hedeflenmiştir. Elde edilen nanokompozit malzemelerin OLED TV'nin arka kapak ve diğer plastik aksamalarında kullanılması hedeflenmiştir.

4.1 Giriş

Teknolojinin artan bir ivmeyle ilerlemesi sonucu, günümüzde, mevcut malzemelerin performansı, ağırlaşan çalışma şartları karşısında yetersiz kalabilmektedir. Malzeme bilimi ve mühendisliği bu gelişmelere paralel olarak hızla ilerleme göstermekte, yeni malzemelerin üretilmesine olanak sağlamakta ve

teknolojik alanlarda bazı yeni gelişmelere de öncülük etmektedir. Malzeme biliminin gelişimine paralel olarak, mikroyapı ile mekanik ve fiziksel özellikler arasında kurulan bağlar ve bunların bilinçli olarak uygulanışı, günümüzde kullanılagelen yüzey işlemlerini de beraberinde getirmiştir. Doğal olarak mühendislikte kullanılan malzemelerin istenilen mukavemete sahip olması ve uygulanan yükleri taşıyabilmesi gerekmektedir. Bu tür özellikler doğrudan malzemenin kendisi ile ilgilidir. Ayrıca malzemenin verimli olarak kullanılabilmesi için bazı yüzey özelliklerine de sahip olması gerekmektedir. Aşınma, sürtünme, erozyon, korozyon, ısı, optik, elektrik ve manyetik özellikler malzeme yüzeyi ile ilgilidir. Bütün bu özellikleri, istenildiği şekilde, tek bir malzemede bulmak olanaksız veya aşırı maliyetli olmaktadır. Bu durum gereği, bir mühendislik malzemesinden istenilen yüzey özellikleri, temin edilen ucuz bir altlık malzeme üzerine, gerekli yüzey işlemleri yapılarak elde edilir (Nihida et al., 1993; Uyulgan vd., 2007, Harsha et al., 2007). Birçok özelliğin bir arada bulunduğu durumlarda ise çok fonksiyonelli malzemelerin üretilmesi, ağırlaşan şartlarda problemlerin giderilmesinde çözüm olmaktadır. Bu nedenle son yıllarda çok fonksiyonelli kompozit kaplamalar ilgi çekmektedir.

İstenen amaç için tek başlarına uygun olmayan farklı iki veya daha fazla malzemeyi istenen özellikleri sağlayacak şekilde belirli şartlar ve oranlarda fiziksel olarak, makro yapıda bir araya getirilerek elde edilen malzemeye kompozit malzeme denir. Mikroyapıları çıplak gözle incelendiğinde (makroskobik muayene) yapı bileşenlerinin seçilip ayırt edilmesi mümkündür. Yapılarında birden fazla sayıda fazın yer aldığı klasik alaşımlar ise makro ölçüde homojen olmalarına rağmen mikro ölçüde (mikroskobik muayene ile seçilebilen) heterojen malzemelerdir. Polimer kompozitlerin başlıca hedefleri en az çelik kadar sağlam, olabildiğince hafif, yüksek kullanım sıcaklıklarına dayanıklı ve ekonomik malzeme üretimidir (Carati et al, 2002; Sezer, 2008; Massey, 2002).

Polimer kompozitlerin üretiminde katkı malzemelerinin tane boyutu nano boyuta inildiğinde malzemenin özelliklerinde belirgin derecede iyileşmeler görülmektedir. Nanoteknoloji, içinde bulunduğumuz yüzyılın en önemli sanayi devrimi olarak nitelendirilebilir. Nanoteknoloji, 1-100 nm ölçeğinde fiziksel, kimyasal ve biyolojik yapıların anlaşılması, kontrol edilmesi ve atomsal seviyede

değiştirilip fonksiyonel hale getirilmesi olarak tanımlanır. Bu çalışmalara örnek olarak, uzay araçlarının radyasyon ve atomik oksijen erezyonundan korunması, kompozitlerin mekanik dayanımlarının artırılması, elektriksel parametrelerinin iyileştirilmesi verilebilir.

Polimerik malzemeler için önemli özelliklerden biri de malzemelerin yanmaya karşı gösterdikleri direnç, yani alev geciktirme özellikleridir. Bunun nedeni günümüzde evlerde, iş yerlerinde, tekstil malzemelerinden dekorasyon malzemelerine kadar eşyaların büyük çoğunluğunun polimer malzemelerden üretilmiş olmasıdır. Herhangi bir elektrik kaçağı vb. yangın olaylarında yanmaya karşı polimerler; metaller ve seramiklere göre en dayanıksız malzemelerdir. Bu durumun önüne geçilebilmesi için polimerler içerisine yapılan çeşitli katkıları ile malzeme, alev geciktiricilik (geç tutuşabilirlik) özelliği kazanmaktadır ve böylece istenilen güvenlik seviyelerine ulaşılmaktadır.

Doğal ve sentetik polimer malzemeler daha geniş alanlarda kullanılmaktadır. Polimerlerin tutuşabilirliğini ve toksik duman üretimini azaltmak için alev geciktiricilerin kullanımı, yeni malzemelerin geliştirilmesi ve uygulanmasının çok önemli bir parçası haline gelmektedir. Alev geciktirici malzemelerin ev için kullanılması konusundaki gelişmeler, tüketicilerin güvenlik konusunda bilinçlenmesi ve çevresel yayınlardan dolayıdır. Sürekli değişen düzenlemeler, standartlar ve test metotlarına karşılık yeni yanmazlık sistemlerinin geliştirilmesi gerekmektedir (Çiftci, 1996).

Polimerler çok yüksek oranda karbon, hidrojen ve oksijen içeren bileşikler oldukları için kolaylıkla ve hızla yanarlar. Polimerlerin yanması sırasında ısı ile birlikte yanma ürünü zehirli ve yanıcı gazlar ortaya çıkar. Ayrıca, ısı etkisiyle polimer zincirlerinin küçük parçalara veya moleküllere parçalanmasıyla ortam daha yanıcı hale gelir. Örneğin, polipropilenin yanması sırasında, kendisinden daha yanıcı olan propan gazı açığa çıkar. Yanmanın yayılması; yanmanın şiddetine, polimerin buna tepkisine bağlıdır. Polimerin doğal olarak yanmaya dayanıklı olması için; düşük sıcaklıklarda kömürleşmenin çok fazla olması, 400 °C'nin üstünde ısısal kararlılığa sahip olması (yüksek erime sıcaklığı), 400 °C altında meydana gelen bozunma ürünlerinin yanmayan gazlardan oluşması (CO₂,

Yanmanın önlenmesi için çeşitli yöntemler vardır. Bu yöntemler;

- (a) Isının uzaklaştırılması veya soğutma uygulanması; ısının belli bir noktada birikmesini önleyen ısı-absorblayıcı ürünlerle yapılabilmektedir.
- (b) Piroliz sıcaklığının yükseltilmesi; materyali ısıya dayanıklı hale getirmektedir.
- (c) Buharlaştırmanın önlenmesi; uçucu olmayan kömür halindeki ürünlerinin oluşmasının sağlanması anlamına gelmektedir. Bu etki katı fazda etkili olan kükürt, fosfor ve bor içeren güç tutuşurluk maddeleriyle elde edilmektedir. Oluşan asitler tekstilin hidroksil grupları ile birlikte sağlam, uçucu olmayan esterler oluşturmaktadır ve bu da kömürleşme oluşmasını desteklemektedir.
- (d) Yanmanın önlenmesi; oksijenin yanma bölgesinden uzaklaştırılması ve dolayısıyla oksidasyonun durdurulmasıyla yapılmaktadır. Bu prensip, karbondioksit ve karbon tetraklorür içeren yangın söndürücülerde kullanılmaktadır ve gaz fazında etkili olan bir alev geciktirici yöntemidir.

Yanma önleyici mekanizmaların bir başka esas kategorisi entümesan (intumescent) olarak bilinir ki bunda maddeler ateşe ya da ısıya maruz kaldıklarında şişerek genelde karbonlu, gözenekli bir köpük yığını oluştururlar ve bu ısı, hava ve piroliz ürününe bir bariyer görevi görür. Entümesan malzemeler formülasyonunda, genelde bir tabaka oluşturucu aracı, tabaka oluşumu için bir katalizör ve köpüren bir aracı bulunur. Bu malzemeler buhar evresinde seyreltici, sıcaklık düşürücü, alevin büyümesini önleyen veya yavaşlatan ve serbest radikal tuzağı olarak da davranırlar. Fosforlu olanlar polimerik maddenin üzerinde bir tabaka oluşturarak yanmanın başlaması için gerekli ısı ve hava transferini engelleyerek etkili olurlar. Halojen atomları (bromin ya da klorin gibi) yaygın olarak kullanılsa da yanma sırasında oluşan hidrojen halidin zehirliliği ve metal parçaları paslandırması açık dezavantajlarıdır. Bu tip zehirli ve aşındırıcı gazların oluşmasını önlemeye yönelik giderek artan bir talep, halojen içermeyen yanma önleyicilerin geliştirilmesini sağlamıştır.

Song L. ve arkadaşları halojen olmayan alev geciktirilmiş poliamid 6/organoklay nanokompozitin hazırlanması ve özelliklerini incelemişlerdir (Song et al., 2004). Halojen olmayan alev geciktirilmiş poliamid6/organoklay nanokompozit, organoklay eriterek karıştırma tekniği ile $Mg(OH)_2$ ve kırmızı fosforun alev geciktiriciliğinin birlikte etkilerini görmek için numune

hazırlanmıştır. Organoklay içine $Mg(OH)_2$ 'in eklenmesi, nanokompozitin mekanik ve yanmazlık özelliklerini geliştirmiştir. E. Lecoeur ve arkadaşları, selüloz için alev geciktirici formülasyonları irdelenmiştir (Lecoeur et al., 2001). Çalışmada selüloz dokuma alev geciktiriciler olarak fosfor içerikli ticari bir alev geciktirici olan ignilys FDR, diguanidine hydrogen fosfat ve 3-aminopropiltrietoksilan kullanmışlardır. Ignilys FDR' nin pamuk kumaş üzerine uygulanması yüksek derecede alev geciktiricilik vermiştir ve Fransız standardına göre uygunluk göstermiştir. Pamuklu kumaşa %70 oranında 200 g/l ignilys FDR uygulanması ve 120 °C'de kurutulması ile sınırlı oksijen indeksi (Limiting Oxygen Index=LOI) değerinin %41 olduğu tespit edilmiştir. Diguanidin hidrojen fosfat selülozik kumaşa alev geciktirici dayanımı vermiştir.

M. Sain ve ekip çalışanları (Sain et al., 2004) nanoboyutta $Mg(OH)_2$ alev geciktiricilerin hazırlanması ve özelliklerini incelemişlerdir. Ürünlerin özellikleri, X-ray kırılma, taramalı elektron mikroskobu, limit oksijen içeriği ve ıslanma açısı ölçümleri ile belirlenmiştir. Nanoboyutta magnezyum hidroksitin, LOI içeriği %31.5 ile plastikler, sentetik lastikler ve sentetik elyaflar gibi makro molekül bileşimler için etkili bir alev geciktirici katkı olarak uygulanabileceği sonucuna varılmıştır. %60 oranında $Mg(OH)_2$ ilavesiyle polietilenin LOI içeriği %32.5 elde edilmiştir. Ayrıca, bu çalışmada polipropilen reçine, talas/pirinç kabuğu takviyeli kompozitlere, $Mg(OH)_2$ alev geciktirici etkisini LOI testi ve yatay yanma testi yöntemlerini kullanarak incelemişlerdir. %25 magnezyum hidroksit kullanımı ile alev geciktirici kullanılmayan kompozit malzemeye göre yanabilirlik %50 oranında azaltılmıştır.

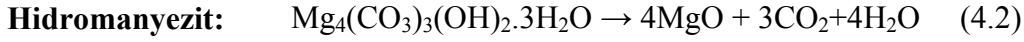
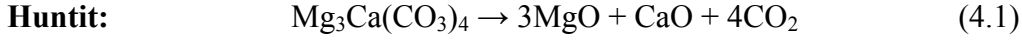
Jr, V.J. Fernandes ve arkadaşları, polyester/sisal (liflerinden halat vb. yapılan bir bitki) alev geciktirilmiş kompozitlerin termogravimetrik değerlendirmesini yapmışlardır. Doymamış polyester/sisal kompozit yanmazlık özelliklerini elde etmek için katkı olarak dekabromdifeniloksit ve antimon trioksit birleşimi kullanılarak formüle edilmiştir. Alev geciktirilmiş örnekler 1 sn'den daha az bir zamanda kendiliğinden sönme göstermiştir. Alev geciktirilmiş örnekler polimer sistemler için çok yüksek güvenlik standardı olan 0.72 s'de kendiliğinden sönme özelliği göstermiştir. C. Martin ve arkadaşları (Martin et al., 2006) bor içeren stirenik monomerlerin polimerlerinin çapraz bağlanmasını ve

alev geciktiriciliğini incelemişlerdir. Stirenik monomerler 2,2-bis(4-vinylbenzyl)propan-1,3-diol ve 5,5-bis(4-vinylbenzyl)-2-fenil[1,3,2]-dioksaborinan malzemelerinin özellikleri üzerinde borun etkisini test etmek için sentezlenmiş ve kopolimerleştirilmiştir. Bor içeren kopolimer, bor içermeyene ve polystirene göre daha yüksek termal kararlılık ve kömür oluşumu göstermiştir. Bor bileşimi ile LOI değerleri arttırılmıştır. Benzer çalışma E. Baysal tarafından yapılmıştır ve alev geciktiricilik sağlanmıştır (Baysal, 2003).

CA1158389A1 sayılı patentte genellikle borik asit ve alkali metal ve sülfat bileşiklerinden oluşmuş borat-sülfat karışımı, tercihen de antimuan oksit içeren, alev geciktirici özellikteki polimerler rapor edilmiştir. JP9048899A sayılı patent dokümanında da borik asit ve antimuan oksitle karıştırılmış bir kauçuk malzemenin yanması geciktirilmiştir. Bunun yanında KR20090097284A sayılı bir diğer patentte ise grafit, $Al(OH)_2$, $Mg(OH)_2$ esaslı alev geciktirici malzemeler polimerik malzemelerin içinde kullanıldığı yayınlanmıştır.

Literatür taramaları sonucunda elde edilen veriler ışığında değişik katkıların polimerlerin tutuşabilirliğini kısıtladığı görülmüştür. Yanma önleyici malzemeler genelde SiO_2 , Sb_2O_3 , $CaCO_3$, karbon siyahı, kil, $Al(OH)_2$, $Mg(OH)_2$ ve huntit-hidromanyezit ise aktif takviye elemanları olarak bilinmektedir.

Bunların içinden yan etkisi olmayan çevre dostu huntit ve hidromanyezit alev geciktirme açısından başarılıdır. Bu maddeler hidroksit içerirler. Bu yapılar $200^\circ C$ ve $400^\circ C$ arasında endotermik olarak bozunmakta ve su buharı ile karbondioksit açığa çıkmaktadır. Reaksiyonun soğutucu etkisi ve ortamda oluşan inert gazların etkisi ile birlikte yanan yüzey üzerinde bir çeşit seramik yapıya benzer bir tabaka oluşmaktadır. Bu tabaka yanıcı yüzeyi ileriki bir yanma hareketine ve ısıya karşı korumaktadır.



Antimuan gümüş beyazı renginde, kolay kırılabilen, katı kristalin yapıda, elektrik ve ısı iletkenliği çok zayıf bir elementtir. Metalik antimuan sağladığı avantajlar sebebiyle kurşun ve diğer metallerle alaşım oluşturmakta yoğun olarak kullanılmaktadır. Fakat antimuan'ın 2/3'ünden fazlası türevleri şeklinde kullanılmaktadır. Türevleri arasında sülfidler ve özellikle de oksitleri yaygın olarak kullanılmaktadır (Gad, 2005). Antimuan trioksit plastikte, metal kaplamada, seramik ve emayede, boya sanayiinde beyaz boya maddesi olarak; tekstil, plastik ve kimya endüstrilerinde ise yangın geciktirici olarak kullanılmaktadır. Yapılan çalışmalarda diğer alev geciktirici malzemeler ile birlikte kullanıldığında (Alüminyum trihidrat gibi) kuvvetli yangın engelleyici özelliği olduğu tespit edilmiştir (Baillet and Delfosse, 1990).

Literatür taraması sonucunda çevre dostu huntit/hidromanyezit ve antimuan oksit karışımından oluşan kompozit kaplamaların alev geciktirici olarak kullanılması çevre açısından son derece etkilidir. Bu nedenle literatürde henüz yapılmamış olan ABS içerisine huntit/hidromanyezit ve/veya antimuan oksit farklı konfigürasyonlarında katkılanmıştır. Elde edilen kompozit malzemelerin TV ve cep telefonları başta olmak üzere endüstriyel çapta çevre ve sağlık dostu, mekanik dayanımı yüksek özelliklerde olması hedeflenmiştir.

4.2 Deneysel Çalışmalar

Endüstride kullanılmak üzere; çevre ve sağlık dostu huntit/hidromanyezit, antimuan oksit karışımından oluşan alev geciktirici polimer kompozitlerin üretiminin gerçekleştirilmiş ve alev geciktirici özellikler polimere kazandırılmıştır. Yapılan deneysel çalışmalarda polimer içerisine farklı oranlarda huntit/hidromanyezit minerali ve/veya antimuan oksit katılmasıyla elde edilen numuneler hazırlanmıştır.

Huntit/hidromanyezit minerali 20 mikron altı olarak alınmış, daha sonra bilyalı değirmen sistemi ile tekrar bir öğütme işlemine tabi tutulmuştur. Farklı sürelerde yapılan öğütme ile farklı boyutlara sahip mineral tozları elde edilmiştir. Öğütme işlemleri Pulverisette 7 premium line (Fritsch) cihazında 80 ml'lik volfram karbür (WC) hazneler ve 10 mm çaplı bilyeler kullanılmıştır. Öğütme işlemleri kuru öğütme şeklinde ve öğütülecek 30g.lık gruplar halindeki tozlara ağırlıkça %2-3'ü kadar stearik asit eklenerek öğütülmüş tozların hücre duvarlarına yapışmaları engellenmiştir. Cihaz, 2 dakika öğütme yapıp 1 dakika duracak şekilde 10 çevrim boyunca programlanmış ve toplamda her bir 30 g'lık toz numunesi grubu 20 dk. öğütme işlemine tabi tutulmuştur. Yapılan tüm öğütme süreleri boyunca numune hazneleri 700 rpm frekansta çalıştırılmıştır.

Nanokompozit üretiminde kullanılacak olan 2 farklı toz çeşidinin öncelikle temin edildiği haldeki tane boyutu dağılımı ve öğütme işlemine tabi tutulduktan sonraki tane boyut dağılımı incelenmiştir (Malvern Zetasizer ZS90 Particle Analyzer).

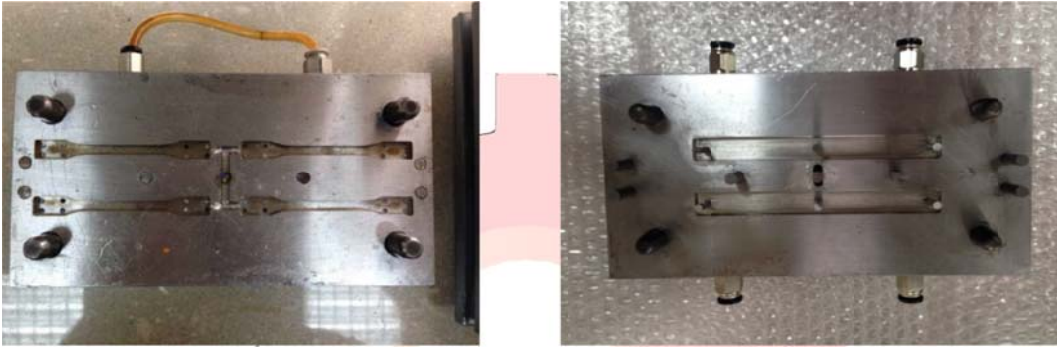
Farklı kompozisyonlardaki kompozitlerin üretimi ikiz vidalı ekstrüder (Thermofisher Eurolab 16 mm) aracılığıyla gerçekleştirilmiş olup cihaza ait teknik özellikler Çizelge 4.1'de verilmiştir. Ekstrüder cihazında üretim için her bir katkı maddesinden yaklaşık olarak 400 g. kullanılmıştır. Üretimi gerçekleştirilmiş olan kompozitlerin Şekil 4.1'de gösterilen enjeksiyon kalıplama cihazıyla ASTM D 638-02 standardına uygun çekme testi numuneleri ve UL 94 standardına uygun yanmazlık testi numuneleri üretilmiştir. Çekme ve yanmazlık test numunelerinin üretildiği kalıplar sırasıyla Şekil 4.2'de gösterilmektedir.

Çizelge 4.1 İkiz vidalı rotasyonel ekstrüderin teknik özellikleri.

Thermofisher(Eurolab 16mm)	Değer
Vida Çapı	16 mm
Max. Vida hızı	500 rpm
Kovan uzunluğu	640 mm
Vida Boy/En Oranı	40
Motor gücü	1,25 kW
Max tork(şaft)	12 Nm
Max çalışma sıcaklığı	400 °C
Max çalışma basıncı	100 bar



Şekil 4.1. a) İkiz vidalı rotasyonel ekstrüder, b) Enjeksiyon kalıplama makinesi.



Şekil 4.2. a) çekme testi numunelerine ait kalıp, b) yanmazlık testi numunelerine ait kalıp.

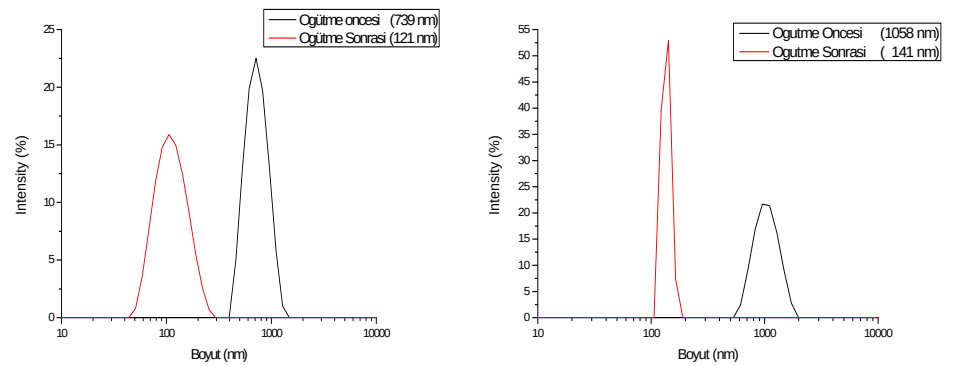
Mineral tozlarının katkı olarak kullanıldığı polimerik kaplamaların bozunma ve faz değişimlerini tespit etmek için malzemelerin termal davranışı hava atmosferinde 10°C/dk ısıtma hızında ve 25-400 °C aralığında diferansiyel termal analiz/termogravimetri (DTA/TG) cihazı (STA-6000 Perkin Elmer, Dokuz Eylül Üniversitesi, EMUM, İzmir) ile yapılmıştır. Ayrıca malzemedeki organik bağlar Fourier dönüşüm infrared (FTIR-Thermo Scientific, Dokuz Eylül Üniversitesi,

EMUM, İzmir) cihazı ile $4000 - 650 \text{ cm}^{-1}$ aralığında oda sıcaklığında tespit edilmiştir.

Kompozitlerin yüzey ve mikroyapı özellikleri ile elementel analizi için taramalı elektron mikroskopisi (SEM - JEOL JJM 6060, Dokuz Eylül Üniversitesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği, İzmir), X ışını fotoelektron spektroskopisi (XPS Thermo Scientific, Dokuz Eylül Üniversitesi, EMUM, İzmir) kullanılmıştır. Faz analizi tespiti de, 5°C ile 60°C arasında 2°C/dk hız ile X ışını kırınımı cihazı (XRD Rigaku, D-Max-2200/PC, Dokuz Eylül Üniversitesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği, İzmir) ile gerçekleştirilmiştir. X ışını kaynağı olarak CuK_α 40kV, 36mA değerlerinde kullanılmıştır. Kompozitlerin alev geciktirme testleri UL94 test cihazı (Dokuz Eylül Üniversitesi, EMUM Elektronik Malzemeler Üretim ve Uygulama Merkezi) kullanılarak yapılmıştır.

4.3 Deneysel Bulgular ve Sonuçlar

Tez çalışması kapsamında temin edilen hammaddelerdeki tozların tane boyutlarının ortalama boyutu yaklaşık olarak 1 mikron ya da daha büyük olarak ölçülmüş ve öğütme sonrası tane boyutu 100 nm.ye kadar düşürülmüştür. Şekil 4.3'te huntit/hidromanyezit, antimuantrioksit tozlarının sırasıyla öğütme öncesi ve öğütme sonrası tane boyut dağılımları verilmiştir. Ortalama tane boyutları ayrıca Çizelge 4.2'de gösterilmiştir.

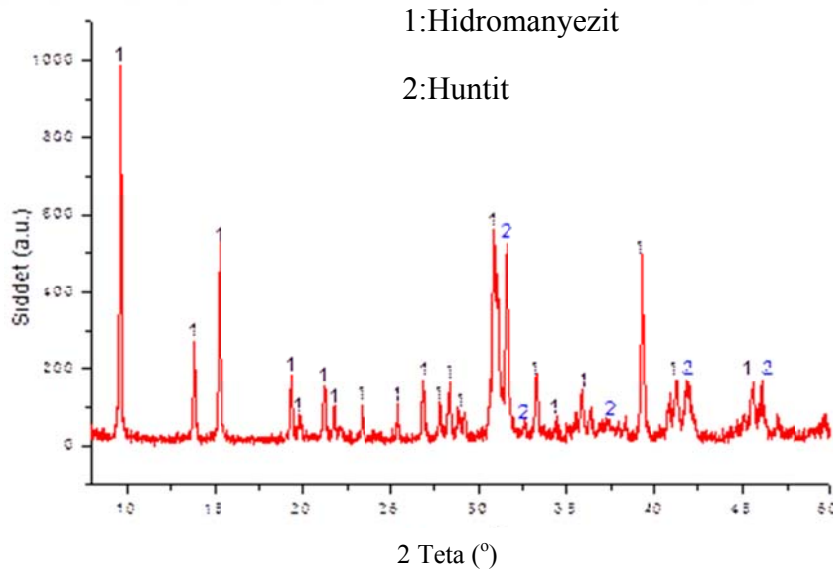


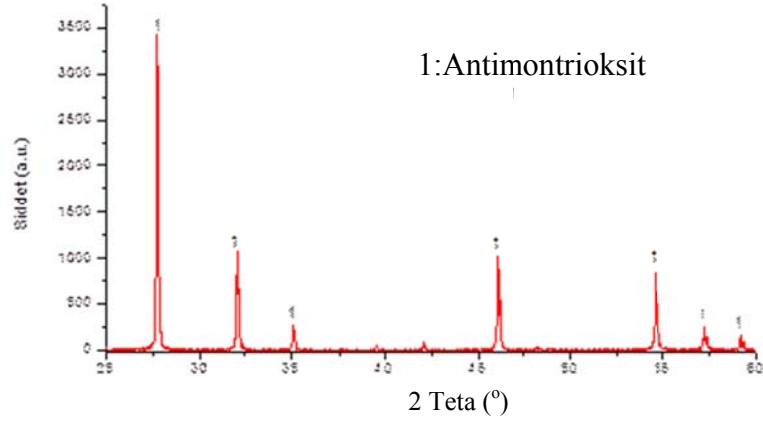
Şekil 4.3. a) Huntit/hidromanyezit mineralinin, b) Antimuantrioksit mineralinin öğütme öncesi ve sonrası tane boyutları.

Çizelge 4.2 Deneyde kullanılan katkı malzemelerinin tane boyutları.

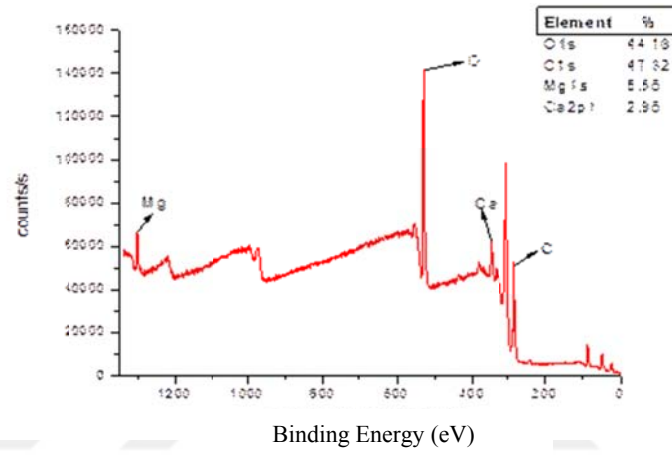
Katkı maddesi adı	Öğütme öncesi ortalama tane boyutu	Öğütme sonrası ortalama tane boyutu
Huntit/Hidromanyezit	739 nm	121 nm
Antimuantrioksit	1058 nm	141 nm

Kullanılacak takviye malzemelerinin yapısını ortaya çıkarmak amacıyla XRD ve XPS analizleri yapılmıştır. Şekil 4.4'te ve Şekil 4.5'te takviye malzemelerinin XRD paternleri gösterilmiştir. Analizler incelendiğinde fazların huntit/hidromanyezit ve antimontrioksite ait olduğu görülmektedir. Çıkan faz sonuçlarını XPS analiz sonuçları kuvvetli bir şekilde doğrulamaktadır. Takviye malzemelerinin elementsel analiz sonuçları Şekil 4.6'da ve Şekil 4.7'de gösterilmiştir. XPS analizi sonuçlarına bakıldığında huntit/hidromanyezit mineraline ait olan Mg, C, O ve Ca elementleri tespit edilmiştir. Antimontrioksitin XPS analizine bakıldığında sadece Sb ve O elementlerinin varlığı saptanmış ve tozun antimon oksit olduğu belirlenmiştir.

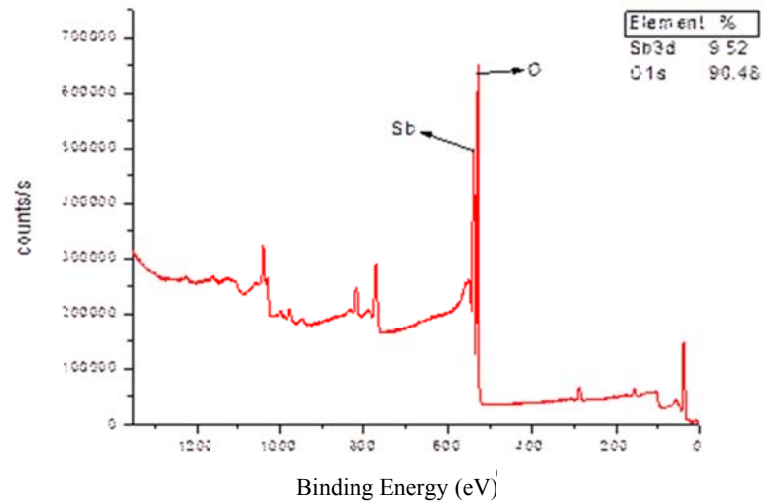




Şekil 4.5. Antimontrioksit mineralinin XRD analiz sonucu.



Şekil 4.6. Huntit/hidromanyezit mineralinin XPS analiz sonucu.



Şekil 4.7. Antimon (III) oksit mineralinin XPS analiz sonucu.

Saf ABS ve katkı malzemelerimiz ile kompozit haline getirme işlemi gerçekleştirilmiştir. Bunun için İkiz vidalı rotasyonel ekstrüder (Thermofisher,

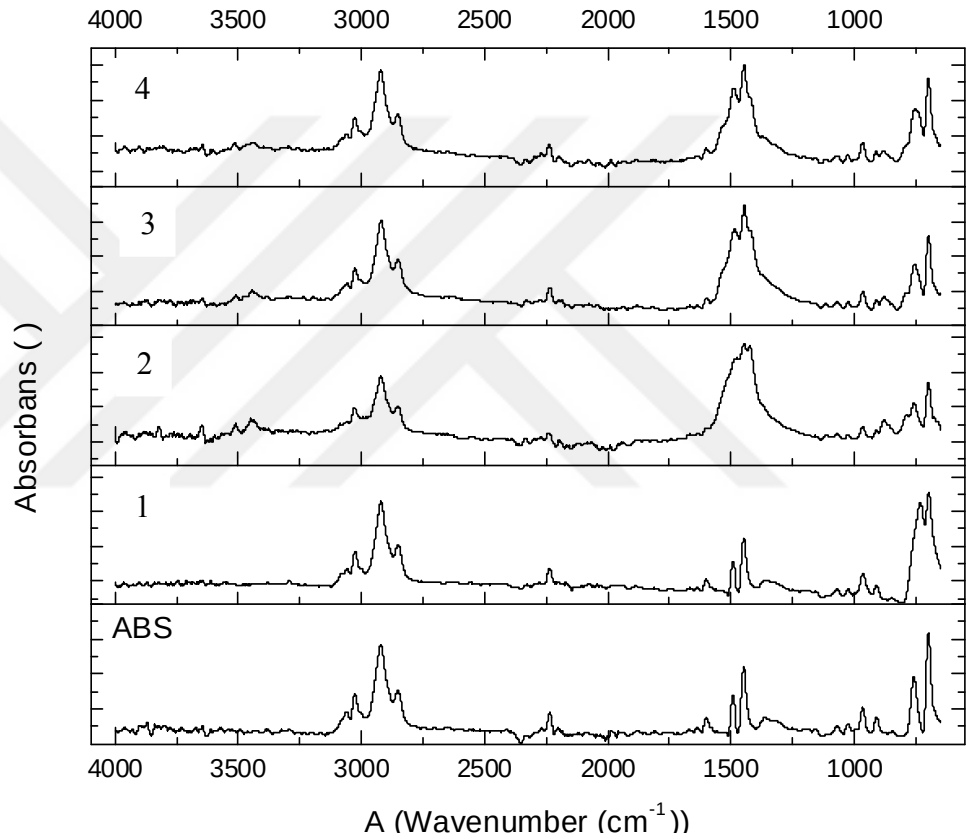
Eurolab 16 mm) ve Enjeksiyon kalıplama makinesi kullanılmıştır. Bu kapsamda üretilmesi hedeflenen tekli ve ikili katkı oranlarına sahip kompozit malzemeler elde edilmiştir. Çizelge 4.3'te belirtilen katkı oranları (tekli ve ikili olacak şekilde) ve bir de katkısız olacak şekilde 5 farklı numune üretilmiştir. Burada 1 ve 2 numaralı örnekler tekli katkı maddeleri katkılандırılırken; 3 ve 4 numaralı örnekler iki katkı maddesi de kullanılarak katkılандırılmıştır. Her bir katkı maddesi belirlenen katkı oranlarında ABS polimerine ekstrüder cihazı kullanılarak katkılандırılmış ve kompozitler oluşturulmuştur. Elde edilen kompozitlerin yanmazlık ve mekanik testlerini gerçekleştirebilmek amacıyla enjeksiyon cihazında uygun kalıplar kullanılarak standart test numuları farklı sayılarda üretilmiştir.

Çizelge 4.3 Tekli ve İkili katkı oranları ve örnek isimlendirme.

Numune Adı	Numune Kodu	Numune özellikleri
Saf	ABS	ABS
Antimony (III) Oxide	1	ABS+ 50%Antimony (III) Oxide
Huntite/Hydromagnesite	2	ABS+ 50%Huntite/Hydromagnesite
Huntite/Hydromagnesite + Antimony (III) Oxide	3	ABS+ 40% Huntite/Hydromagnesite + 10%Antimony (III) Oxide
Huntite/Hydromagnesite + Antimony (III) Oxide	4	ABS+ 30% Huntite/Hydromagnesite + 20%Antimony (III) Oxide

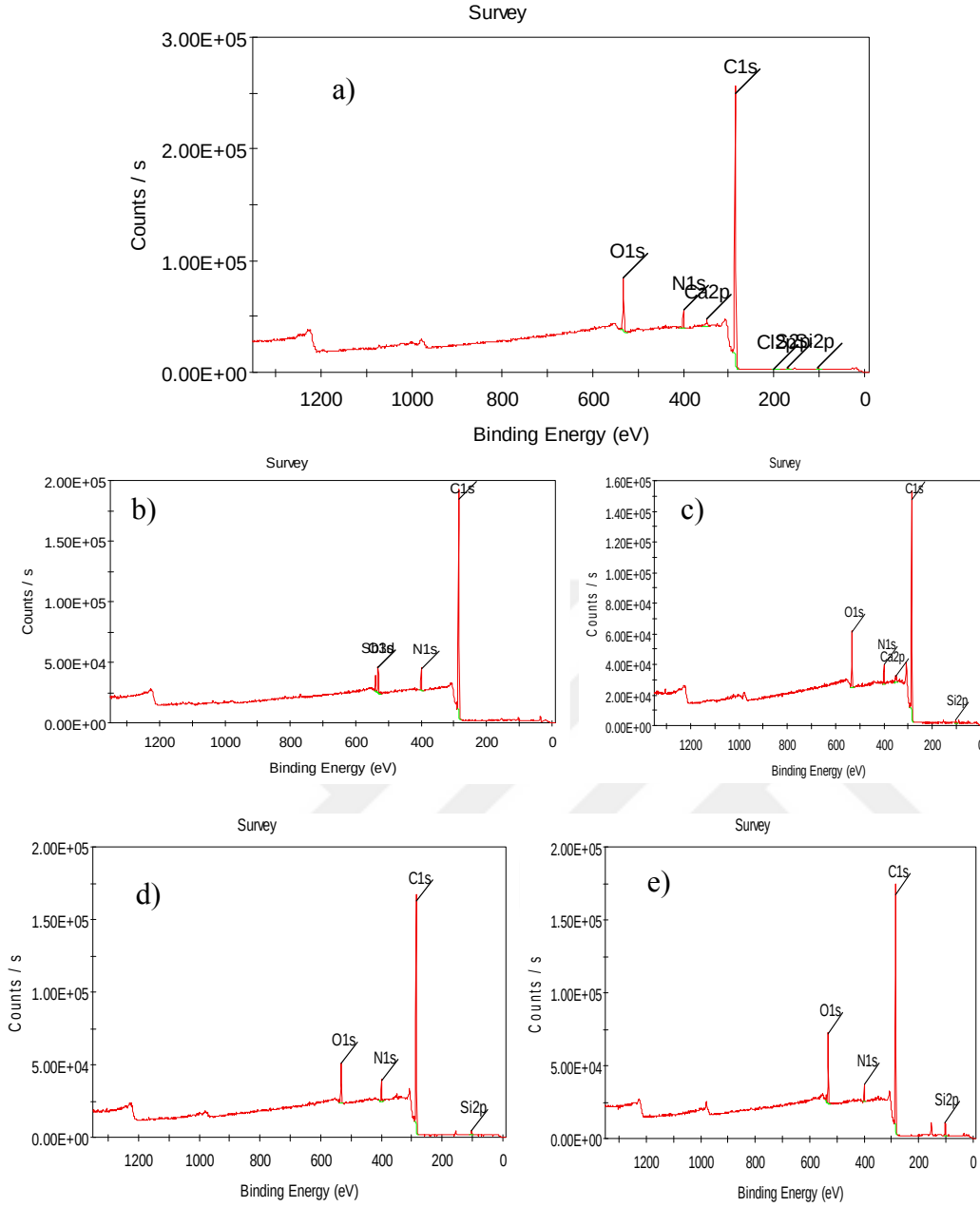
Bu tekli ve ikili katkı oranlarının ABS polimerik malzemesini ne ölçüde etkilendiklerini anlamak için detaylı yapısal karakterizasyonları (FTIR, XPS ölçümleri) yapıldı. Şekil 4.8'de yukarıda bahsedilen 5 farklı örnek için FTIR sonuçları gösterilmiştir. FTIR-ATR ölçümleri tüm örnekler için 4000 – 650 cm⁻¹

dalga sayısı aralığında ve 8 tarama ile elde edilmiştir. FTIR spektrumları dikkate alındığında, katkısız ABS polimerine ait bantlar katkılandırma işlemi ile birlikte bir kayma göstermemiştir. Bu durum kompozit oluşumu esnasında matris polimer olan ABS ile inorganik katkılar olan huntit/hidromanyezitin ve antimon oksitin polimer yapısında kimyasal bir değişikliğe yol açmadığı belirtilebilir. Bu oranların artması 1500 cm^{-1} civarı bantlarda bir miktar genişlemeye sebebiyet vermiştir. İlgili sonuçlar cihaz kütüphanesinde yapılan eşleşme ve literatür ile uyum içerisinde.



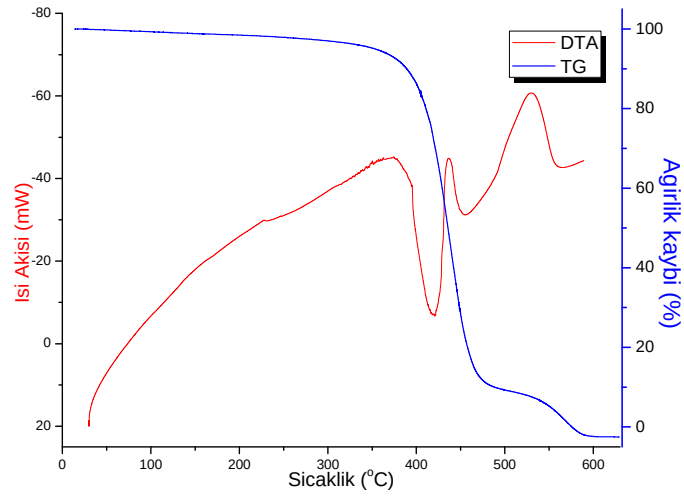
Şekil 4.8. Katkısız ABS polimeri, 1, 2, 3, ve 4 numaralı örneklerine ait FTIR sonuçları.

Şekil 4.9'da aynı örneklere ait XPS sonuçları gösterilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde tek katkılı nanokompozitlerde ilgili katkıların yapıldığı yapı içinde ortaya çıkan elementlerden anlaşılmaktadır. İkili katkılarda Antimontrioksitin oranının düşük olması sebebiyle huntit/hidromanyezit katkısına ait piklerin daha belirgin olduğu görülmektedir. XPS içinde katkı artışı ile polimer yapısında kimyasal bir değişiklik olmadığı, etkileşimin fiziksel olduğu belirtilebilir. Bu sonuç FTIR sonuçları ile uyumluluk göstermektedir.

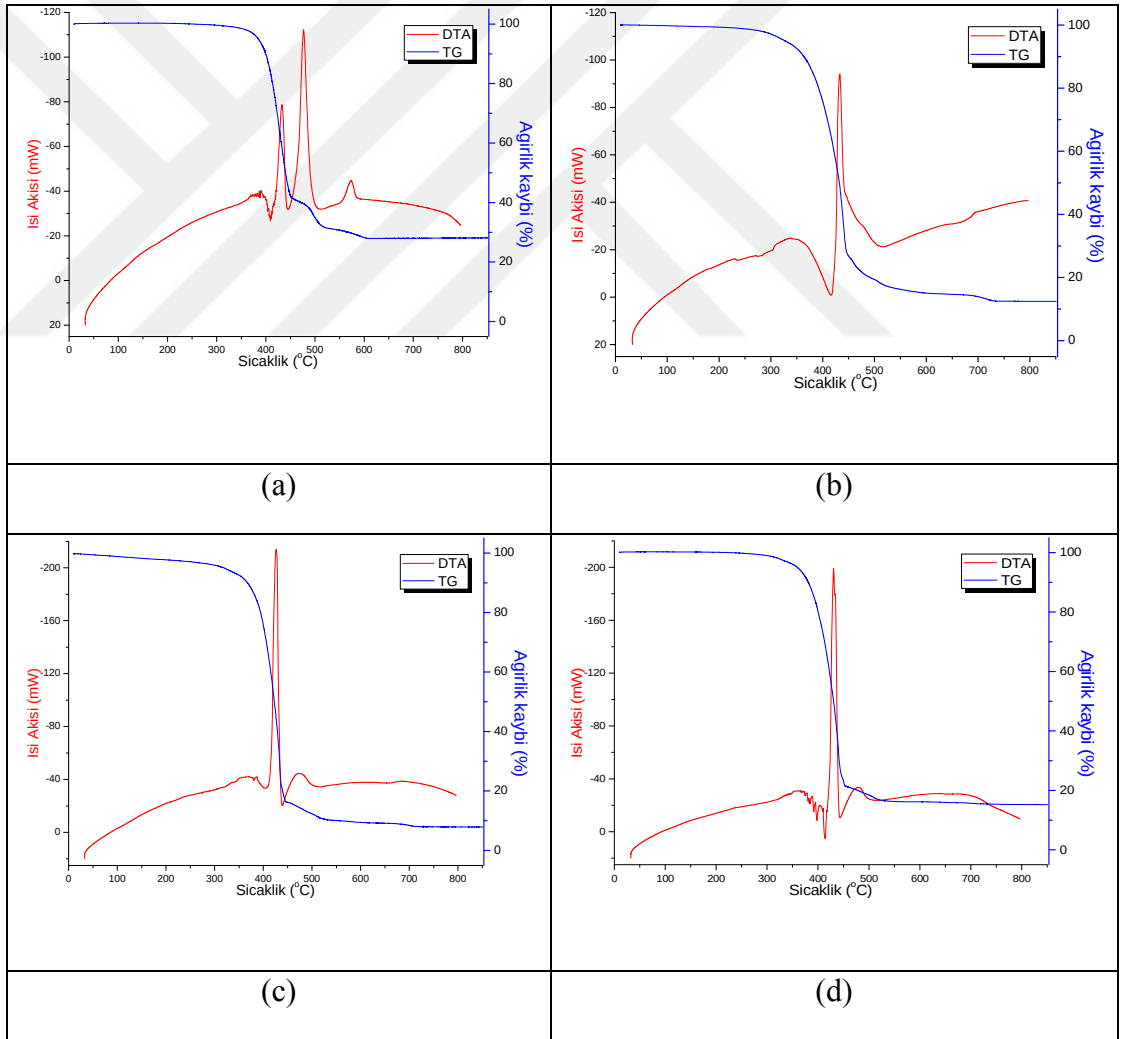


Şekil 4.9. 5 farklı örnekler için XPS sonuçları a) katkısız ABS polimeri, b) 1 nolu örnek, c) 2 nolu örnek, d) 3 nolu örnek, e) 4 nolu örnek.

Bu çalışmada üretilen kompozit malzemelerde alev geciktiricilik özelliği ön plana çıktığı için diferansiyel termal analiz (DTA) ve termogravimetrik analizleri (TG) büyük önem taşımaktadır. DTA-TG deneyleri saf ABS ve tüm katkılı kompozitler için 25-600 °C aralığında 5 °C/dk. ısıtma hızı ile kuru hava ortamında gerçekleştirilmiştir. Şekil 4.10'da saf ABS polimerine ait DTA-TG sonucu verilmiştir. Burada saf ABS'in bozunmaya başladığı sıcaklık yaklaşık 370 °C olarak gözükmemektedir. 600 °C'de ise malzemenin tamamen kaybolduğunu gözlenmiştir.



Şekil 4.10. Saf ABS numunesine ait DTA-TG analizi.

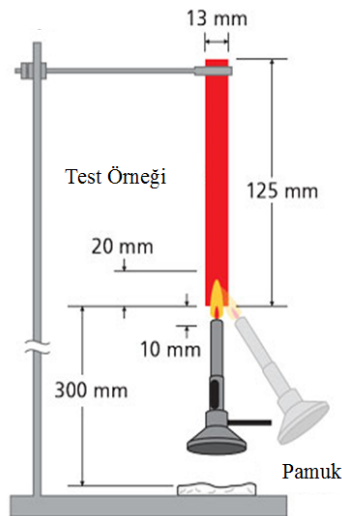


Şekil 4.11. a) 1, b) 2, c) 3 ve d) 4 no.lu numunelere ait DTA-TG analizleri.

Şekil 4.11’de ise 1, 2, 3 ve 4 numaralı kompozit numunelere ait DTA-TG sonuçları verilmiştir. Burada kompozitlerin yanma reaksiyonlarının başlama sıcaklıkları önem arz etmektedir. Numunelere ait yanma sıcaklıkları başlangıçları sırasıyla 423, 425, 416 ve 421 °C’dir. Polimerin bozunması 400 °C’nin üzerine çekilerek saf ABS polimerine alev geciktirme özelliğinin başarıyla sağlandığı görülmüştür.

Değişik kompozisyonlara sahip bu nanokompozit malzemelerin üretimi ve karakterizasyonu gerçekleştirildikten sonra bu malzemelerin yanmazlık testleri UL-94 test standartlarına göre gerçekleştirilmesi hedeflenmiştir. Bu kapsamda Şekil 4.12’de gösterilen deney düzeneği tasarlanarak kurulmuştur. Burada dikey şekilde duran örneklerin (test çubukların) alev dirençlerinin ve kendini söndürme performansların ölçülmesi hedeflenmiştir. Burada test çubuğu diye belirtilen kısım proje kapsamında üretilen katkısız, tekli ve ikili katkılı nanokompozit örneklerdir. Alev kaynağı olarak >98 saflıkta metan gazı alevi kullanılmıştır. Şekil 4.13’te ise deney düzeneğinin kurulu hali ve bir örnek üzerinde çalışması görülmektedir. Huntite/Hydromagnesite katkılı nanokompozit malzeme üzerinde yapılan testler sonucunda V0 yanmazlık standartlarını yakaladığı gözlenmiştir. Burada alev kaynağı 10 sn örnek üzerinde tutulmuş daha sonra geri gelmiş (ileri-geri hareketi 30 sn sürmektedir) ve tekrardan 10 sn örnek üzerine uygulanmıştır (V0 standardı). Bunun sonucunda kömürleşmenin gerçekleşmediği, pamuk üzerine damlamanın olmadığı ve örneğin yanmadığı tespit edilmiştir.

UL94 Test Sistemi



Şekil 4.12. UL 94 test standardının şematik gösterimi.

Çizelge 4.4 UL94 testine göre yanmazlık sınıflandırması.

SINIFLANDIRMA	VO	V1	V2
Her yakmadan sonra kendini söndürme zamanı	≤ 10 sn	≤ 30 sn	≤ 30 sn
10 uygulama sonrası toplam zaman	≤ 50 sn	≤ 250 sn	≤ 250 sn
Parçanın tamamen yanması	Hayır	Hayır	Hayır
Numune altındaki pamuğun damlayan parçalar ile alev alması	Hayır	Hayır	Evet

Tez çalışması kapsamında hedeflenen bir diğer nokta ise, aleve dayanıklı boya üretimi gerçekleştirmektir. Yapılan literatür taraması sonucunda katkılı boya üretiminde kompozit malzemelerdeki kadar katkı malzemesinin katılmayacağı şeklindedir. Gerek literatür bilgisi, gerek önceki tecrübeler dikkate alındığında 2 farklı kompozisyon belirlenmiştir. Buradaki hedef saf ABS üzerine gerçekleştirilecek olan boyanın aleve dayanıklı olması şeklindedir. Bunun için katkı malzemelerin sinerjik etkisinden yararlanılmakta olup kompozisyonları Çizelge 4.5’te verilmiştir.

**Şekil 4.13.** Yanmazlık testi için gerçek deney görüntüsü.

Çizelge 4.5 Deneyde kullanılan boya katkı oranları.

Numune kodu	Katkı miktarları
I	% 7 huntit hidromanyezit + % 5 antimuan oksit
II	% 10 huntit hidromanyezit + % 5 antimuan oksit

Katkı malzemeleri nano boyutlara öğütülmüş şekilde boya içerisine katılarak homojen bir şekilde karışmaları sağlanmıştır. Ardından boya karışımları hazırlanıp saf ABS polimeri üzerine boyalar sürülerek yanmazlık test numuneleri elde edilmiştir. Yanmazlık testleri Şekil 4.12’de şematik gösterimi verilen UL 94 standardına göre yapılmıştır. Numuneler sırasıyla 10, 30, 60 saniye alev maruz bırakılmalarına rağmen iki farklı kompozisyonda hazırlanmış boya hiçbir şekilde alev almamış ve yanmamıştır. Dolayısıyla proje hedeflerinden olan UL 94 standardına göre V0 özelliğinde alev dayanıklı boya üretimi gerçekleştirilmiştir. Test sırasında karşılaştırma amacıyla alev saf ABS polimerine de tutulmuş olup saf ABS malzemesinde kısa süre içerisinde ergime başlayarak yanma meydana geldiği gözlenmiştir ve standarda göre hiçbir şekilde yanmazlık anlamında derecelendirilememiştir. Katkılı boya malzemeleri ile saf ABS’in UL 94 testi sonuçları Çizelge 4.6’da gösterilmiştir. Ayrıca deneye tabi tutulan numunelerin test sonrası resimleri Şekil 4.14’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.6 Numunelerin UL94 test metoduna göre sonuçları.

Numune Adı	Alev Uygulama Süresi	Alev alma süresi	Özellik
Saf ABS	10 sn	6. sn	Uymuyor
I	10+30 sn	Yok	V0
II	10+30 sn	Yok	V0



a)



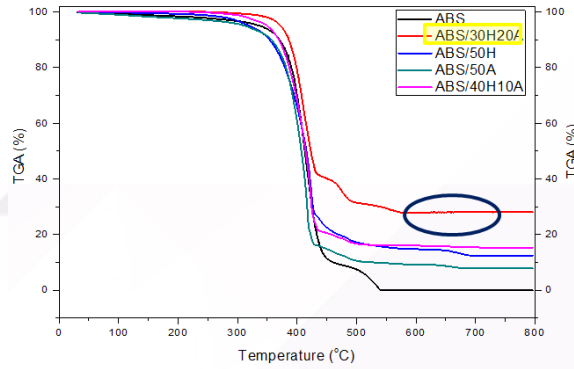
b)

Şekil 4.14. UL 94 testine tabi tutulan numuneler; a) I no.lu, b) II no.lu numune.

Yangınlarda alev geciktirici kompozit boya olarak TV, bilgisayar ve telefonlarda kullanılan her türlü metal veya plastik altlık üzerine uygulanabilen borik asit, antimuan oksit ve huntit/hidromanyezit (HM) takviyeli mikro veya nanokompozit boyaların üretimi başarılı bir şekilde gerçekleştirilmiş ve patent başvurusu yapılmıştır. Bu proses; altlıkların hazırlanması, alev geciktirici katkı maddelerin süper öğütücüde öğütülmesi, homojen karışımların eldesi, polimerik boyalara katkı maddelerin katılması, boyanın homojen süspansiyon eldesi için sürekli olarak mekanik olarak karıştırılması, elde edilmesi hedeflenen kaplama özelliğine göre uygun kaplama parametrelerinde altlıkların kaplanması, polimerizasyon/kurutma ve optimum kompozit kaplamaların üretilmesi kademelerini içermektedir. Plastik veya metalik altlıklar üzerine mikro/nano seramik partikül takviyeli kompozit polimer boya kaplamalarının en iyi alev geciktiricilik özelliklerin elde edilmesi durumunda bu kaplamaların her türlü şartta kullanılmasıdır. Bu metotla üretilen polimerik boya içerisine katılan alev geciktirici maddelerin bu yapının içinde kimyasal olarak değişmediğini ve yapının içinde ıslatma özelliklerinin iyi olduğunu ve homojen dağılım göstermiştir. Borik asit-huntit/hidromanyezit katkılı boyalarla yapılan kaplamalar alev geciktiricilik açısından çok daha verimlidir. Buna bağlı olarak numunelerin alev alma sıcaklıkları borik asit-huntit/hidromanyezit ve antimuan oksit-

huntit/hidromanyezit katkıların polimerik boyalara katıldığında yükselttiklerini ve dolayısıyla alev geciktirme özelliklerini iyileştirmektedir.

Bu çalışmaların sonucunda, hazırlanan numunelerin yapısal, morfoloji, termal, mekanik ve alev geciktiricilik özellikleri değerlendirilerek ABS’de huntit / hidromanyezit ve antimon trioksit arasındaki sinerjik etkiler araştırılmıştır. Hem Huntit / Hidromagnezitin hem de Antimon trioksinin kullanılması katkı maddelerinin miktarına bağlı olarak ABS polimer kompozitlerinin alev geciktirici özelliklerini ve termal stabilitesini geliştirmiştir. **ABS / 30H20A** kompozit ABS’ye kıyasla çok daha yüksek termal kararlılığa ve daha iyi kalıntı oluşturma kabiliyetine sahip olduğu görülmüştür. Bu durum antimon trioksit ve huntit / hidromanyezit birleşiminin sinerjik etkisinin kompozitlerin ısıl stabilitesini ve karakter oluşum yeteneğini geliştirdiğini ortaya koymuştur. UL94 testi sonucunda V0 yanmazlık elde edilmiştir. Genel test sonuçları aşağıda verilmiştir.



Kod	T _{5%} (°C)	T _{50%} (°C)	Kalıntı (%)
ABS	337	405	0
ABS/50H	319	415	12.46
ABS/50A	313	413	7.89
ABS/40H10A	349	412	15.22
ABS/30H20A	372	423	28.15

Kod	UL 94-V derecesi	Her numune için	
		maksimum alevlenme süresi (s)	Pamuk tutuşması
ABS	No rating	>60	Yes
ABS/50H	V-1	18	No
ABS/50A	V-1	25	No
ABS/40H10A	V-0	7	No
ABS/30H20A	V-0	3	No

Şekil 4.15. Elde edilen sonuçlar

5. OLED CİHAZLARIN ISIL YÖNETİMİ

Organik ışık yayan diyotlar sıcaklığa ve neme karşı oldukça hassastırlar. Bu parametrelerin artışı OLED'lerin ömürlerinin ve performanslarının belirgin ölçüde düşmesine neden olur. OLED'lerin sıcaklığında gerçekleşecek sadece 10 Kelvin'lik artış ömürlerinin %50'den daha büyük bir oranda azalmasına ve diğer performans bozulmalarına sebebiyet verir. Bundan dolayı, OLED'lerin sıcaklığı görüntü ve ışık panellerinin ömürlerinin belirlenmesinde önemli bir rol oynar. Sıcaklık artışının bir diğer etkisi de artan akım enjeksiyonudur. Akım enjeksiyonundaki bu artış kendisini yüksek parlaklıkta belli eder. Cihazın sıcaklığının artmasına neden olan Joule ısınması aynı zamanda görüntü ve OLED panelin ışık ve parlaklık kaybına neden olur. Bu etkilerinin yanında, sıcaklık OLED'lerin renk koordinasyonlarını da etkiler. OLED ekranlar organik malzeme bazlı olduğundan, cihazın sıcaklık yönetiminin uzun ömürlülük ve kararlılık açısından oldukça önemli olduğu görülmektedir.

Literatürde OLED'lerin ısı yönetimi üzerine birçok çalışma yapılmıştır (Garditz et al., 2007; Pohl et al., 2011; Park et al., 2011). Slawinski ve diğerleri 5x5 cm² boyutlarındaki bir OLED ekranın elektrotermal davranışını sonlu elemanlar yöntemini kullanarak incelemişlerdir. sıcaklığın, OLED'teki akım dağılımı ve ekran üzerindeki parlaklığı önemli bir şekilde etkilediğini belirtmişlerdir. Sonlu ve lumped elemanlardan oluşan hibrid bir elektro termal model önermişlerdir. Çeşitli substratlar için termal analizler gerçekleştirmişlerdir. Silikon substratların pik sıcaklığını azalttığını ve OLED'in ömrünü uzattığını ortaya koymuşlardır(Slawinski et al., 2011). Schwamb vd. OLED'lerin pasif yöntemle soğuma mekanizmasını incelemişlerdir. OLED üzerindeki ısı taşınım katsayısının sabit olmayıp ekran boyunca değiştiğini ve bu nedenle sıcaklık dağılımının homojen olmadığını gözlemlemişlerdir(Schwamb et al, 2013). Pohl vd. sonlu farklar metodunu temel alan bir ticari programla OLED cihazlar için elektro termal analizler gerçekleştirmişlerdir. 10 farklı çalışma sıcaklığı için akım-voltaj eğrileri elde etmişlerdir(Pohl et al., 2011). İçöz ve Arık, pasif soğutma uygulamalarında kullanılan ileri termal materyallerin karakterizasyonunu elde etmişlerdir. Çeşitli gelişmiş ısı emici malzemeler için deneysel ve nümerik

çalışmalar yapmışlardır. Sonuçlar geleneksel alüminyum emiciler ile karşılaştırılmıştır. Kütle başına aldıkları ısı değeri karşılaştırılarak grafit ısı yayıcıların alüminyum soğutucudan on kat daha iyi performans gösterdiğini belirtmişlerdir. Chung vd. OLED cihazların ömürlerine direk etkisi olan ısıнын uzaklaştırılmasına yönelik kullanılan substratların termal iletkenlik özellikleri belirlemek üzerine çalışmalar yapmışlardır. Çalışmalarında substrat olarak silikon, cam ve paslanmaz çelik kullanmışlardır. Yüksek ısı iletkenliğe sahip silikon alt tabaka kullanılması durumunda OLED sıcaklığının daha düşük olduğunu ve ömürlerinin böylelikle daha uzun olduğunu belirtmişlerdir(Chung et al.,2009).

Anizotropik esnek grafit malzemeler, termal ara yüz, soğutucu kanatçıkları ve ısı yayıcılar gibi elektronik soğutma uygulamalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Isı yayılımı uygulamalarında, grafit, hafif ($\sim 1.3-2.2 \text{ g / cm}^3$), düzlem içi ısı iletkenliği ($\sim 300-1500 \text{ W / mK}$) ve mükemmel uygulanabilirlik özelliği nedeniyle caziptir. Grafit termal olarak anizotropiktir ve sıcaklığı yüzeyi boyunca hızlı bir şekilde ileterek ısı kaynağından uzaklaştırır. Singh vd. ısı yayıcı olarak kullanılan grafit köpüklerin yoğunluğuna ve kalınlığına bağlı olarak çekme dayanımlarını ve termal iletkenliklerini elde etmişlerdir(Singh et al.2012). Malzeme seçimi konusunda araştırmacılara yön verecek bir çalışma sunmuşlardır. Chen vd. sonlu hacimler metodunu temel alan ICEPAK ticari kod programıyla anizotropik termal iletme sahip olan grafitin termal yönetime etkisini araştırmışlardır(Chen et al.,2003). Yen çip üzerine grafit ısı yayıcı yerleştirerek FLOTHERM yazılımını kullanarak termal ısı transferi analizi yapmışlardır. Grafit malzemelerin yatay ısı iletim performanslarının yüksek olduğunu vurgulamışlardır(Yen et al.,2016). Norley vd. LCD televizyona grafit ısı yayıcılarını yerleştirip deneysel çalışmalar gerçekleştirmişlerdir. Grafit plaka kullanımının pik sıcaklığını 9°C azalttığını elde etmişlerdir. Gholami ve Bahrami dikdörtgen şeklindeki ısı yayıcıları dört farklı lokasyona yerleştirip termal analiz gerçekleştirmişlerdir. Nümerik analizler COMSOL Multifizik programı ile yapılmıştır. Süperpozisyon yöntemi ile en iyi termal yönetim için yerleşim lokasyonunu seçmişlerdir.

Gelişen teknoloji sayesinde teknolojik ürünlerin boyutları küçülmekte fakat bu cihazların ısı problemlerini çözebilmek için mevcut soğutma yöntemleri yeterli

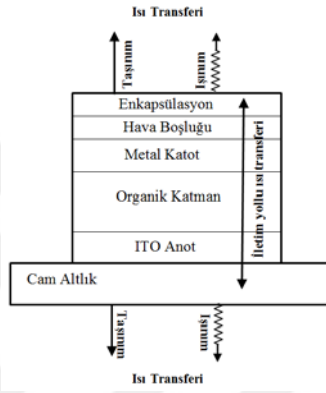
olamamaktadır. Son yıllarda bu ihtiyaca karşılık verebilmek amacı ile piezo fanlar ve sentetik jetler ile elektronik soğutma sistemleri geliştirilmiştir. Bu yeni sistemler, mevcut soğutma sistemlerine göre daha verimli çalışmakta, daha az güç tüketmekte ve daha küçük boyutlarda tasarlanabilmektedirler. Literatürde elektronik cihazların aktif soğutulması ile ilgili bazı çalışmalar şöyledir: Chandratilleke vd. bir mikrokanal içerisinde çapraz akışlı sentetik jet kullanarak ısı transferindeki gelişimi nümerik olarak incelemişlerdir. Çalışmanın sonuçlarına göre, mikrokanal içerisinde çapraz akışlı sentetik jet kullanımı ile ısı transferinde sentetik jetsiz duruma kıyasla 4,3 katlık bir artış olduğunu not etmişlerdir. Arik, sentetik jetlerin uygulanabilirliği üzerine deneysel bir çalışma gerçekleştirmiştir. Bu çalışmada sentetik jetler ısı transferinin yanında akustik bakımdan da incelemiştir. Deneysel çalışmada, sentetik jet kullanımı ile doğal taşınımına kıyasla 4,8 katlık bir artışın elde edildiği not edilmiştir. Chaudhari vd. sentetik jet çıkışındaki delik şeklinin ısı transferi üzerindeki etkilerini deneysel olarak incelemişlerdir. Çalışmada dairesel, kare ve dikdörtgen olmak üzere üç farklı delik şekli ve farklı H/z (ısı kaynağı ve jet arasındaki mesafe) oranlarında ısı transferinin değişimi verilmiştir. Buna göre, dikdörtgen deliğin sentetik jetle ısı transferi için en uygun olduğu ve H/z oranının artmasıyla da ısı transferinin arttığını vurgulamışlardır. Yang, çalışmasında piezo elektrikselsel olarak aktive olan çift diyaframın davranışını incelemişlerdir. Diyaframın hareket edebilmesi için diyaframın üzerine yerleştirilen piezo eleman sinüzoidal olarak zorlanmaktadır. Sonuç olarak piezo elemana uygulanan voltaj miktarının artmasıyla maksimum püskürtme hızının arttığı tespit edilmiştir(Yang,2009).

Bu çalışmada iki kısım halinde OLED Tv'lerin pasif ve aktif soğutulması incelenmektedir. Birinci kısımda 15" OLED TV'lerin ekran bazında ısı transferi analizi yapılmıştır. Ekran üstündeki sıcaklık dağılımları, cihaz üzerinde bulunan diğer ısı üreten elektronik bileşenlerin de etkisi dikkate alınarak elde edilmiştir. Cihaz üzerinde homojen bir sıcaklık dağılımı için gerekli iyileştirmeler önerilmiştir. Anizotropik termal özelliklere sahip grafit tabakaların ısı transferi üzerine etkileri deneysel ve nümerik olarak sunulmuştur. İkinci kısımda ise çift etkisi sentetik jet tasarımı yapılmıştır. En iyi titreşim frekanslarını veren tasarım parametreleri nümerik olarak bulunmuştur. Deneysel çalışmalar yapılarak çift

etkili sentetik jetin mevcut sentetik jetlere göre daha iyi soğutma yaptığı belirtilmiştir.

5.1 OLED'lerde Isı Transfer Mekanizması

OLED ekranlar, bir alt tabaka üzerine yerleştirilen farklı katmanlardan oluşan kompozit bir yapıya sahiptir. Anot ve katot arasında kalan ve organik tabaka diye adlandırılan kısımda, elektrik akımı nedeniyle oluşan ısı, iletim yolu ile ekranın yüzeylerine taşınmaktadır. Bu ısı, yüzeylerden taşınım ve ışıınım ile çevreye transfer edilmektedir. Şekil 5.1'de bir OLED'e ait ısı transfer mekanizması şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 5.1. OLED ısı transfer mekanizması.

OLED içinde üretilen ısı miktarı Q_{termal} ;

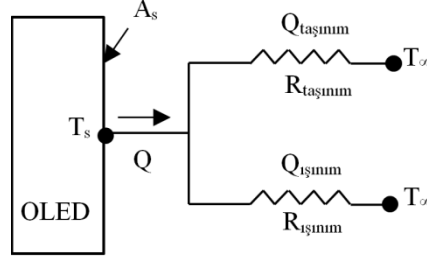
$$Q_{termal} = JV - Q_{optik} \quad (5.1)$$

şeklinde bulunur. Buradaki J akım yoğunluğu, V elektriksel gerilim ve Q_{optik} ise yayılan ışık enerjisidir. Yukarıdan da görüldüğü üzere, OLED içerisindeki temel ısı transfer mekanizması iletimdir. OLED'in çok katmanlı kompozit bir yapıya sahip olduğunu göz önüne alarak ekranın efektif ısı iletkenliği;

$$\frac{\sum t_i}{k_{efektif}} = \sum \frac{t_i}{k_i} \quad (5.2)$$

şeklinde bulunur. Burada, t_i katman kalınlığı ve k_i ilgili katmanın ısı iletkenliğidir. Alt tabaka kalınlığının "mm" mertebelerinde, diğer katmanların ise yaklaşık 100 nm kalınlığa sahip olduğu düşünülürse ısı transferi açısından en önemli bileşenin alt tabaka olduğu görülmektedir. Böylelikle, OLED'lerin ısı transferi analizinde alt tabaka haricindeki diğer katmanları ihmal etmenin çözüm hassasiyetine kayda değer bir kayba yol açmayacağı açıktır. Organik katman

bölümünde üretilen ısı, iletim yolu ile ekran yüzeyine; buradan da taşınım ve ışınlım mekanizmaları ile çevreye transfer edilmektedir. Bu durum şekil 5.2'de gösterilmiştir.



Şekil 5.2. Taşınım ve ışınlım ile OLED'den ısı transferi.

Yüzeyden ışınlım yolu ile transfer edilen ısı miktarı;

$$Q_{ışınım} = \varepsilon \sigma A_s (T_s^4 - T_\infty^4) \quad (5.3)$$

ifadesi ile bulunur. Buradaki ε yüzeyin emisivitesi, $\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{K}^4$ Stefan-Boltzmann sabiti, A_s yüzey alanı, T_s yüzey sıcaklığı ve son olarak T_∞ çevre ortam sıcaklığıdır. Isının ışınlımdan arta kalan kısmı ise, taşınım ile çevreye transfer olmaktadır. OLED ekranlardaki taşınımla ısı transferi pasif soğuma olarak da adlandırılan doğal taşınım mekanizmasıdır. Buradaki ısı transferi;

$$Q_{taşınım} = h A_s (T_s - T_\infty) \quad (5.4)$$

şeklinde bulunur. Buradaki h yüzey ile çevre arasındaki ısı taşınım katsayısıdır ($\text{W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$). Doğal taşınım, akışkan hareketi ve ısı transferini birlikte içeren kompleks bir fiziksel problemdir. Bu nedenle analizi, genellikle ya deneysel yollarla üretilmiş korelasyonlardan ya da sayısal yöntemler yardımı ile yapılır. Bu çalışmada, OLED'e ait sıcaklık dağılımları sonlu hacimler metodunu kullanan ticari bir kod olan ANSYS ICEPAK programı yardımı ile elde edilmiştir.

5.2 Sonlu Hacimler Metodu

Sonlu hacimler metodunda kısmi diferansiyel denklemler kontrol hacmi üzerinden integral alınır. Bu hacim integrasyonundaki diverjans içeren terimler diverjans teoremi yardımı ile yüzey integrallerine dönüştürülür. Dönüştürülen bu

integraller her bir sonlu hacim yüzeyindeki akılar olarak değerlendirilir. Bir hacme giren akı miktarı, ona komşu hacimden çıkan akı miktarına eşit olacağından yöntem korunumlu bir yöntemdir. Bu yöntemi kısaca açıklamak için kontrol hacmi içinde genel bir değişken olarak ϕ 'yi düşünelim ve bu değişken için korunum denklemi;

$$\nabla \cdot (\rho \phi V) = \nabla \cdot (D \nabla \phi) + S_\phi \quad (5.5)$$

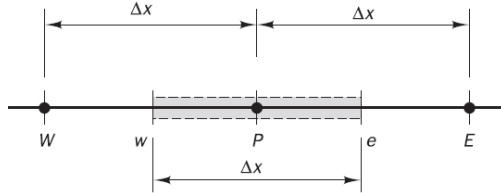
şeklinde ifade edilir. Denklemdaki D terimi difüzyon katsayısını ve S terimi kontrol hacmi içindeki ϕ özelliğinin üretimini göstermektedir. Bu denklemi kontrol hacmi üzerinden integre edersek;

$$\int_{\vartheta} \nabla \cdot (\rho \phi V) d\vartheta = \int_{\vartheta} \nabla \cdot (D \nabla \phi) d\vartheta + \int_{\vartheta} S_\phi d\vartheta \quad (5.6)$$

şeklini alır. Yukarıdaki integrasyonlara diverjans teoremini uygularsak;

$$\int_A n \cdot (\rho \phi V) dA = \int_A n \cdot (D \nabla \phi) dA + \int_{\vartheta} S_\phi d\vartheta \quad (5.7)$$

şeklini alır. Denklemdaki n yüzeyin normalini göstermektedir. Şekil 5.3'te gösterildiği üzere bir boyutlu üniform grid ve P düğüm noktası etrafındaki kontrol hacmi için denklem (5.9)'u ele alırsak;



Şekil 5.3. Bir boyutlu kontrol hacmi ve grid yapısı.

$$(\rho V A \phi)_e - (\rho V A \phi)_w = \left(D A \frac{\partial \phi}{\partial x} \right)_e - \left(D A \frac{\partial \phi}{\partial x} \right)_w + S_\phi \Delta \vartheta \quad (5.8)$$

şeklini alır. $\frac{\partial \phi}{\partial x}$ terimi için merkezi fark yaklaşımını kullanırsak ve $A_e = A_w = A$ olduğunu kabul edersek, yukarıdaki denklem;

$$(\rho V \phi)_e - (\rho V \phi)_w = \left(D \frac{\phi_E - \phi_P}{\Delta x} \right) - \left(D \frac{\phi_P - \phi_W}{\Delta x} \right) + S_\phi \Delta x \quad (5.9)$$

halini alır. Kontrol hacmi sınırlarındaki değerler için lineer interpolasyonu kullanırsak;

$$\phi_e = \frac{\phi_P + \phi_E}{2} \quad (5.10)$$

$$\phi_w = \frac{\phi_W + \phi_P}{2} \quad (5.11)$$

elde edilir. Bu değerler denklem (5.8)'de yerine konursa ayrıklaştırılmış ifade;

$$\frac{D}{\Delta x} \left[2 - \rho \left(\frac{V_w - V_e}{2} \right) \right] \phi_P = \left[\frac{D}{\Delta x} + \rho \frac{V_w}{2} \right] \phi_W - \left[\frac{D}{\Delta x} - \rho \frac{V_e}{2} \right] \phi_E + S_\phi \Delta x \quad (5.12)$$

şeklinde elde edilir. İki ve üç boyutlu problemler içinde ayrıklaştırma bir boyutlu durumdakine benzer şekilde elde edilebilir. Sonlu hacimler metodu ile birlikte bu tez çalışmasında momentum denklemlerindeki basınç-hız çiftini çözmek için SIMPLE iteratif çözüm algoritması kullanılmıştır. SIMPLE algoritmasında başlangıçta bir basınç alanı tahmin edilir (p^*), bu tahmin edilen basınç alanı ile ayrıklaştırılmış momentum denklemleri çözülür ve buna karşılık gelen hızlar (u^*, v^*) bulunur. Daha sonra bir düzeltme basınç alanı (p') tanımlanır. Düzeltme basınç alanı, doğru basınç alanıyla tahmini basınç alanı arasındaki farktır.

$$p = p^* + p' \quad (5.13)$$

Buna benzer olarak hız düzeltme alanları da tanımlanabilir.

$$\begin{aligned} u &= u^* + u' \\ v &= v^* + v' \end{aligned} \quad (5.14)$$

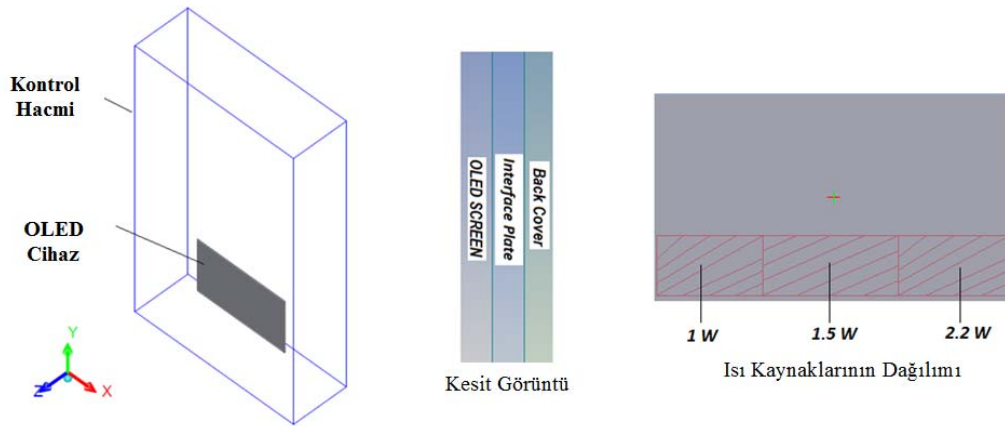
Gerçek ayrıklaştırılmış denklemlerden, tahmini basınç alanını koyarak elde ettiğimiz denklemleri çıkarırsak, düzeltme hız alanını düzeltme basınç alanının fonksiyonu olarak elde edebiliriz. Bu durum,

$$\begin{aligned} u' &= f(p') \\ v' &= f(p') \end{aligned} \quad (5.15)$$

şeklinde gösterilebilir. Böylelikle doğru hız alanı da, tahmini hız alanı ile düzeltme basınç alanına bağlı fonksiyonunun toplamı haline gelir. Bütün bu adımlar sadece bir iterasyon döngüsünü ifade eder ve yakınsama kriterleri sağlanıncaya kadar döngü devam eder.

5.3 Nümerik Analiz ve Deneysel Analiz

Nümerik olarak OLED cihazların ısı transferi analizi ANSYS ICEPAK programında yapılmıştır. Cihaz etrafında oluşan doğal taşınım akımlarının da etkisini dikkate almak için cihaz Şekil 5.3'te gösterildiği gibi bir kontrol hacmi içine alınmıştır. OLED cihaz sıcaklık kontrollü kabinde 40 °C sıcaklıkta tam güçte çalıştırılarak rejim hali elde edilmiştir. Daha sonra cihaz üzerinden k-tipi ısı çiftler ve termal kamera ile sıcaklıklar alınmıştır. Termal kamera ve ısı çift sıcaklık dağılımları elde edilmiştir. Sıcaklık dağılımlarını iyileştirme mekanizması olarak ekran ve metal kasa arasında etkin bir ısı yayıcı kullanımı önerilecektir. Isı yayıcıların düzlemsel ısı iletim katsayıları oldukça yüksektir. Kullanıldıkları alanda ısıyı çok hızlı bir şekilde kendi düzlemlerine yaydıkları için daha homojen bir sıcaklık dağılımı oluştururlar. Bu çalışmada ısı yayıcı olarak pirolitik grafit plaka ve tavlanmış pirolitik grafit plaka kullanılmıştır. Grafit plakaların düzlemsel ısı iletim katsayıları normal doğrultudakine kıyasla oldukça yüksektir. Ayrıca bu plakalar ince bir polietilen tereftalat (PET film) tabakası ile kaplanmıştır. Bu tabaka sayesinde 400 V'a kadar elektriksel gerilimi yalıtılmaktadırlar. Böylelikle, ilave bir yalıtım tabakası kullanmaya gerek kalmamaktadır. Çizelge 5.1'de kullanılan ısı yayıcının termo-fiziksel özellikleri verilmiştir. Çizelge 5.1 incelendiğinde önerilen ısı iletim tabakalarının pirolitik grafit için X ve Y yönünde ısı iletkenlik sayısı 3.7 W/m °C iken Z yönünde 400 W/m °C'dir. Tavlanmış grafitin ise X ve Y yönünde ısı iletkenlik sayısı 3.5 W/m °C iken Z yönünde 1500 W/m °C'dir. Bu yüzden tavlanmış grafit kullanımının ısı transferini daha hızlı gerçekleştireceği öngörülmektedir.

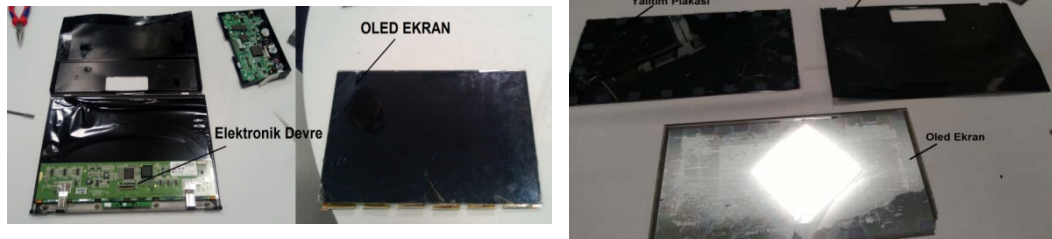


Şekil 5.4 Kontrol hacmi ve OLED cihaz

Çizelge 5.1. Isı yayıcılarının termo-fiziksel özellikleri

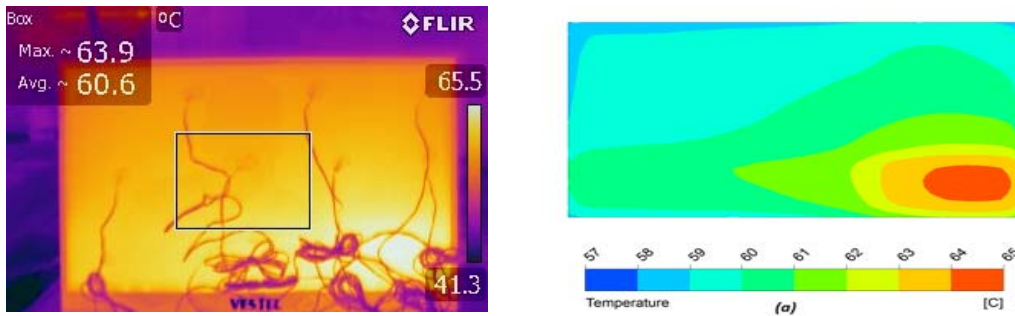
Özellik	Boyut	Mevcut yalıtım tabakası	Pirolitik Grafit (PG)	Tavlanmış Pirolitik Grafit (APG)
Yoğunluk (kg/m ³)	X,Y,Z	1.7-2.2	1.7-2.2	1.7-2.2
Isıl İletkenlik (W/m °C)	X,Y	0.25	400	1500
Isıl İletkenlik (W/m °C)	Z	0.25	3.7	3.5

Bu bölümde OLED'e ait sıcaklık dağılımları deneysel olarak elde edilmiştir. OLED cihaz üzerinde sıcaklık ölçümleri FLIR termal kamera kullanılarak yapılmıştır. Deneysel ölçüm sonuçları ile simülasyon sonuçları karşılaştırılmıştır. Böylelikle simülasyonun çözüm hassasiyeti test edilerek gerekli görülen iyileştirmelerin ısı transferi üzerine etkileri yine simülasyon ve deneysel olarak araştırılmıştır. Örnek modeller 15" ekran boyutuna OLED TV'dir. Cihaz, 0.65 mm kalınlığında bir OLED ekran, 0.75 mm kalınlığında bir yalıtım plakası ve 0.5 mm kalınlığında metal kasadan oluşmaktadır(Şekil5.4). Çizelge 5.2'de ısı parametreler verilmiştir. Elektronik devre elemanlarının oluşturduğu toplam ısı yükü 4.7 W iken OLED ekranda üretilen ısı ise 27 W olarak ölçülmüştür. (Toplam gücün %80'ninin ısıya dönüştüğü varsayılmıştır). Benchmark modeli, 15" ekran boyutuna sahip cam alt plaka üzerinde oluşturulmuş alttan ışıyan bir OLED cihazdır. Bu cihaz, OLED ekran, elektronik devre elemanları, bir elektriksel yalıtım tabakası ve metal bir kasadan oluşmaktadır. Şekil 5.4 benchmark çalışması ile ilgili görseller verilmiştir.

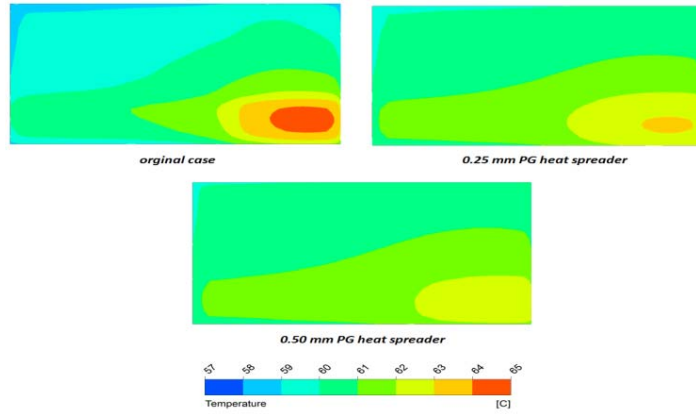
**Şekil 5.5.** Benchmark çalışması.**Çizelge 5.2.** Isı iletim katsayıları.

Bileşen	k, W/m °C
Metal Kasa	240
Yalıtım Tabakası	0.25
OLED Ekran	0.63

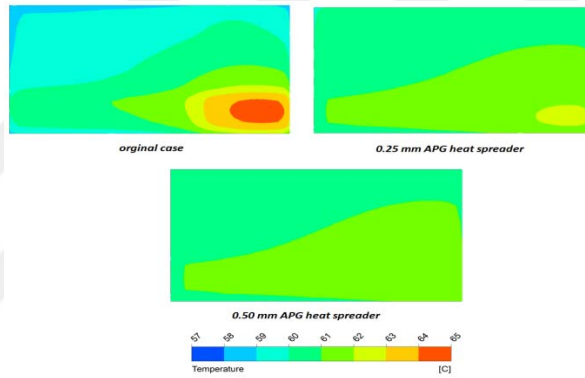
Deneyisel analizler için ısı yayıcı olarak farklı kalınlıkta pirolitik grafit ve tavllanmış pirolitik grafit malzeme önerilmiştir. Deneyisel ve teorik olarak ısı yayıcıların ısı transferi üzerine etkileri incelenmiştir. Şekil 5.5’de ısı yayıcısı kullanmadan 15” OLED için simülasyon ve deneyisel olarak sıcaklık dağılımları görülmektedir. Görüldüğü üzere, simülasyon sonuçları ve deneyisel ölçümler birbirlerine tatmin edici bir şekilde yakındır. Bununla birlikte, cihazın elektronik bileşenlerinin etkisi nedeni ile ekran üzerinde homojen olmayan bir sıcaklık dağılımı oluşmaktadır. Bu dağılım da ekranın parlaklığını ve ömrünü önemli ölçüde etkileyebilmektedir. Sıcaklık dağılımlarını iyileştirme mekanizması olarak ekran ve metal kasa arasında etkin bir ısı yayıcı kullanımı önerilecektir. Isı yayıcıların düzlemsel ısı iletim katsayıları oldukça yüksektir. Kullanıldıkları alanda ısıyı çok hızlı bir şekilde kendi düzlemlerine yaydıkları için daha homojen bir sıcaklık dağılımı oluştururlar. Farklı kalınlıklara sahip pirolitik grafit ısı yayıcıların sıcaklık dağılımına etkileri Şekil 5.6’da görülmektedir. Farklı kalınlıklara sahip tavllanmış pirolitik grafit ısı yayıcıların sıcaklık dağılımına etkileri Şekil 5.8’de görülmektedir. Grafit tabakanın kullanımı orijinal durumda görülen sıcak nokta oluşumunu engelleyerek daha homojen bir sıcaklık dağılımı sağlamaktadır. Ayrıca grafit tabakanın kalınlığı arttıkça sıcaklık homojen bir şekilde azalmaktadır. Çizelge 5.3’de her bir durum için maksimum ve minimum sıcaklık değerleri yazılmıştır. Simülasyon ve deneyisel sonuçlardan görüldüğü üzere, APG ısı yayıcısında en homojen sıcaklık dağılımı elde edilmiştir.(Şekil 5.8) Bunun yanında ısı yayıcısının kalınlığı arttıkça, sıcaklık değerlerinde düşmeler gözlemlenmiştir. Görüldüğü üzere kalınlıkların artması ile maksimum ve minimum sıcaklık farklarında önemli düşmeler gözlemlenmiştir. Bunun sonucu olarak da cihaz üzerinde oluşacak ısıl gerilmeler azalmış olacaktır.



Şekil 5.6. Örnek model için sıcaklık dağılımı grafikleri a)Deneyisel ölçüm b)Nümerik analiz



Şekil 5.7 Örnek model için farklı kalınlıklardaki PG ısı yayıcıları için sıcaklık dağılımları



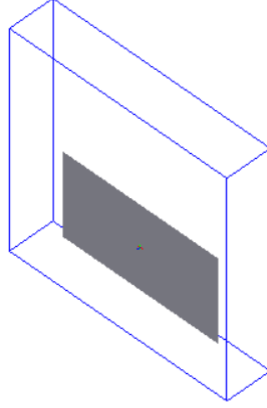
Şekil 5.8 Örnek model için farklı kalınlıklardaki APG ısı yayıcıları için sıcaklık dağılımları

Çizelge 5.3 Cihaz üzerindeki maksimum ve minimum sıcaklık

Isı yayıcı tipi	$T_{\min}$ ($^{\circ}\text{C}$)	$T_{\max}$ ($^{\circ}\text{C}$)
Orginal	57.76	64.46
0.25mm PG	58.90	63.19
0.50mm PG	59.13	62.68
0.25mm APG	59.35	62.18
0.50mm APG	59.56	61.77

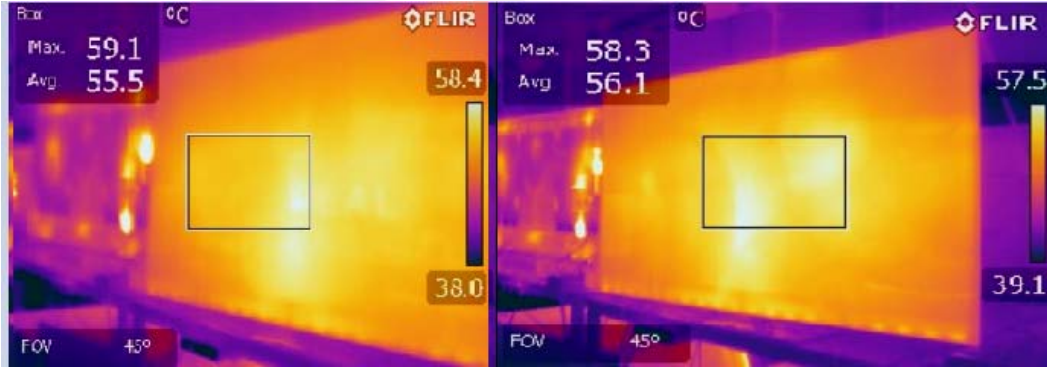
İkinci örnek ise, 65" ekran boyutuna sahip cam alt plaka üzerinde oluşturulmuş alttan ısıyan bir OLED cihazdır. Bu cihaz; OLED ekran, elektronik devre elemanları, bir elektrikselsel yalıtım tabakası ve metal bir kasadan oluşmaktadır. Cihaz üzerindeki toplam ısı yükü 430 W değerindedir. OLED

cihazdaki sıcaklık dağılımı ANSYS ICEPAK programı kullanılarak elde edilmiştir. Cihaz etrafında oluşan doğal taşınım akımlarının da etkisini dikkate almak için cihaz şekil 5.9’da gösterildiği gibi bir kontrol hacmi içine alınmıştır.



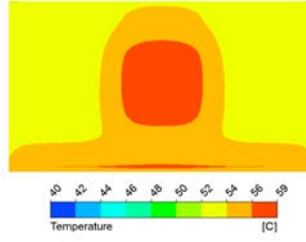
Şekil 5.9. Kontrol hacmi ve 65'' OLED cihaz.

OLED cihaz sıcaklık kontrollü kabinde 40 °C sıcaklıkta tam güçte çalıştırılarak rejim hali elde edilmiştir. Daha sonra cihaz üzerinden termal kamera ile sıcaklıklar alınmıştır. Termal kamera sıcaklık dağılımları şekil 5.12’de gösterilmiştir.



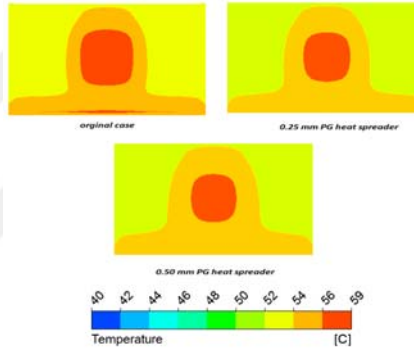
Şekil 5.10. Termal kamera sıcaklık dağılımları.

Şekil 5.10’da ise simülasyon sonuçlarından elde edilen sıcaklık dağılımı gösterilmiştir. Görüldüğü üzere simülasyon sonuçları ve deneysel ölçümler birbirlerine tatmin edici bir şekilde yakındır. Bununla birlikte, cihazın elektronik bileşenlerinin etkisi nedeni ile ekran üzerinde homojen olmayan bir sıcaklık dağılımı oluşmaktadır. Bu dağılım da ekranın parlaklığını ve ömrünü önemli ölçüde etkileyebilmektedir.

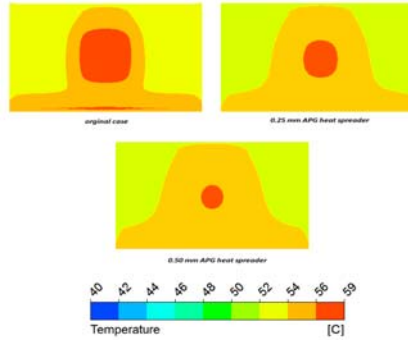


Şekil 5.11. Simülasyon sıcaklık dağılımları.

Sıcaklık dağılımlarını iyileştirme mekanizması olarak ekran ve metal kasa arasında yine bir ısı yayıcı kullanımı önerilecektir. Farklı kalınlıklara sahip ısı yayıcılarının sıcaklık dağılımına etkileri şekil 5.11’de ve 5.12’de gösterilmiştir. Görüldüğü üzere APG ısı yayıcısında en homojen sıcaklık dağılımı elde edilmiştir. Bunun yanında ısı yayıcısının kalınlığı arttıkça sıcaklık değerlerinde düşmeler gözlemlenmiştir.



Şekil 5.12. Farklı kalınlıklardaki PG ısı yayıcıları için sıcaklık dağılımları.



Şekil 5.13. Farklı kalınlıklardaki APG ısı yayıcıları için sıcaklık dağılımları.

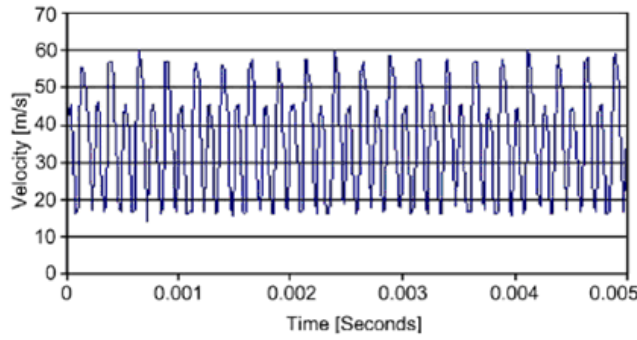
5.4 OLED Cihazlarda Piezoelektrik Fan Teknolojisinin Kullanımı

5.4.1 Giriş

Gelişen teknoloji sayesinde teknolojik ürünlerin boyutları küçülmekte fakat bu cihazların ısı problemlerini çözebilmek için mevcut soğutma yöntemleri yeterli olamamaktadır. Son yıllarda bu ihtiyaca karşılık verebilmek amacı ile piezo fanlar ve sentetik jetler ile elektronik soğutma sistemleri geliştirilmiştir. Bu yeni sistemler, mevcut soğutma sistemlerine göre daha verimli çalışmakta, daha az güç tüketmekte ve daha küçük boyutlarda tasarlanabilmektedirler. Sentetik jet tipi soğutma teknolojisi hızlı tepki, güvenilirlik, düşük maliyet, hafiflik ve küçük boyutlar gibi önemli özelliklere sahiptir. Geometrik tasarım ve boyutlar jet içindeki akışkanın hareketinde önemli etkilere neden olmaktadır. Bir sentetik jetin tasarımında ortaya çıkan önemli tasarım parametreleri ise uygulanan elektriksel gerilim, frekans, diyafram boşluğu, diyaframın boyutları ve malzemesidir. Tüm bu parametreler sistemin çalışmasına yani akışkanın hareket hızına ve vorteks yapılarına etki etmektedir. Chandratillike ve diğ. çalışmasında bir mikrokanal içerisinde çapraz akışlı sentetik jet kullanarak ısı transferindeki gelişimi nümerik olarak incelemiştir. Sentetik jeti oluşturan diyafram belirli bir frekansta yukarı ve aşağı yönde titreşim hareketi yapmakta ve akışkanı jet deliğinden akmaya zorlamaktadır. Yukarı yönde harekette jet deliğinden yüksek bir hızda çıkan akışkan mikrokanal içerisindeki akışla karşılaşmakta ve ısı kaynağı civarlarında yoğun bir vorteks oluşumuna neden olmaktadır. Diyaframın aşağı yönde hareketinde ise, oluşturulan vorteksler tekrar diyafram tarafından emilmekte ve ısı kaynağı etrafındaki sınır tabakası sürekli olarak deforme edilmektedir. Bunun sonucu olarak sentetik jet akışlarında net kütle akısı sıfır kalırken net momentum akısında önemli bir artış olmaktadır. Momentum akısında elde bu artış ısı transferindeki gelişmenin en önemli nedenidir. Çalışmanın sonuçlarına göre, mikrokanal içerisinde çapraz akışlı sentetik jet kullanımı ile ısı transferinde sentetik jetsiz duruma kıyasla 4,3 katlık bir artış olduğunu not etmişlerdir (Chandratillike et. al, 2010).

Arık, sentetik jetlerin uygulanabilirliği üzerine deneysel bir çalışma gerçekleştirmiştir. Bu çalışmada sentetik jetler ısı transferinin yanında akustik

bakımdan da incelemiştir. Kurulan deney düzeneğinde ısı kaynağı dikey bir platform üzerine yerleştirilmiştir. Sentetik jet düzeneği ise yatay düzlemde konumlandırılmıştır. Bir elektronik kumanda düzeneği sayesinde sentetik jeti oluşturan diyafram hareketinin genliği ve frekansı istenen şekilde değiştirilebilmektedir. Termal kamera yardımıyla da ısı kaynağı üzerindeki sıcaklık değişimi sürekli olarak izlenmiş ve ısı transferindeki değişimler belirlenmiştir (Arık, 2007).

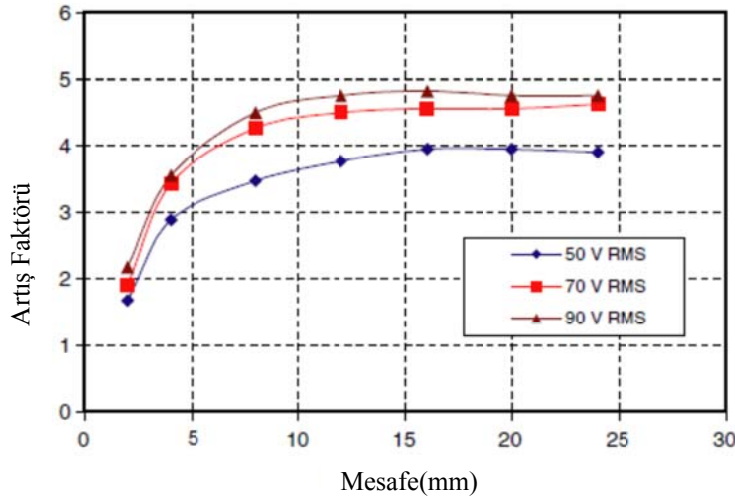


Şekil 5.14. Jet çıkışında akışkan hızının zamana göre değişimi (Arık, 2007)

Diyaframın titreşim hareketi sonucu oluşan akışkan hareketinin jet çıkışındaki hızı ölçülmüş ve Şekil 5.13'da hız profili verilmiştir. Isı transferindeki değişimi ifade etmek için çalışmada bir artış faktörü aşağıdaki şekilde belirtilmiştir.

$$\text{Artış Faktörü} = \frac{h_{jet}}{h_{nc}} = \frac{q_{jet}(T_s - T_{hava})_{nc}}{q_{nc}(T_s - T_{hava})_{jet}} \quad (5.16)$$

Yukarıda h ısı transfer katsayısını, q ısı kaynağı üzerindeki ısı akısını, T sıcaklığı göstermektedir. s ve nc alt indisleri sırasıyla yüzeyi ve doğal taşınımı belirtmektedir.



Şekil 5.15. Artış faktörünün ısı kaynağı ve jet arasındaki mesafeye göre değişimi (Arık, 2007)

Şekil 5.14'de bu artış faktörünün ısı kaynağı ve jet arasındaki mesafeye göre farklı elektriksel gerilim değerlerinde değişimi verilmiştir. Jet ile ısı kaynağı arasındaki mesafenin belirli bir değere kadar artmasıyla ısı transferi hızlı bir şekilde gelişmektedir. Bu değerden sonra jet ile ısı kaynağı arasındaki mesafenin ısı transferi üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı grafikte gösterilmiştir. Bununla birlikte uygulanan elektriksel gerilimin artmasıyla ısı transferinin arttığı belirtilmiştir. Deneysel çalışmada, sentetik jet kullanımı ile doğal taşınımaya kıyasla 4,8 katlık bir artışın elde edildiği not edilmiştir. Çizelge 5.4'te ise farklı frekans ve elektriksel gerilim değerlerinde sentetik jetin akustik performansı verilmiştir.

Çizelge 5.4 Sentetik jetin akustik performansı ((Arık, 2007))

Frekans(Hz)	Gürültü(dB@50Vrms)	Gürültü(dB@90Vrms)
2600	60.1	64.3
3100	65.3	69.4
3600	68.3	73.2

Arık, gerçekleştirdiği bu deneysel çalışma neticesinde sentetik jetlerin elektronik cihazların soğutulmasında önemli bir potansiyele sahip olduğunu vurgulamıştır.

Chaudhari ve diğ. sentetik jet çıkışındaki delik şeklinin ısı transferi üzerindeki etkilerini deneysel olarak incelemişlerdir. Çalışmada dairesel, kare ve dikdörtgen olmak üzere üç farklı delik şekli ve farklı H/z (ısı kaynağı ve jet arasındaki mesafe) oranlarında ısı transferinin değişimi verilmiştir. Buna göre, dikdörtgen deliğin sentetik jetle ısı transferi için en uygun olduğu ve H/z oranının artmasıyla da ısı transferinin arttığını vurgulamışlardır (Chaudhari, 2010).

Yang ve arkadaşları, çalışmasında piezo elektriksel olarak aktive olan çift diyaframın davranışını incelemişlerdir. Diyaframın hareket edebilmesi için diyaframın üzerine yerleştirilen piezo eleman sinüzoidal olarak zorlanmaktadır. Uygulanan frekans 648 Hz'dir. Uygulanan frekansa göre sistemin frekansı değişmektedir. Deney sonucunda 45 V ve 60V için maksimum püskürtme hızı sırasıyla 20 m/s ve 26 m/s olarak ölçülmüştür. Sonuç olarak piezo elemana uygulanan voltaj miktarının artmasıyla maksimum püskürtme hızının arttığı tespit edilmiştir (Yang, 2009).

5.4.2 Aktif Soğutma Teorik Model

Bu bölümde cihaz üzerindeki elektronik bileşenlerin soğutulması için sentetik jet prensibiyle çalışan piezoelektrik fan kullanılmıştır. Sentetik jet düzeneği basit olarak bir veya birkaç diyafram ve bir oyuktan meydana gelmektedir. Geometrik tasarım ve boyutlar jet içindeki akışkanın hareketinde önemli etkilere neden olmaktadır. Bir sentetik jetin tasarımında ortaya çıkan önemli tasarım parametreleri ise uygulanan elektriksel gerilim, frekans, diyafram boşluğu, diyaframın boyutları ve malzemesidir. Tüm bu parametreler sistemin çalışmasına yani akışkanın hareket hızına ve vorteks yapılarına etki etmektedir. Sentetik jetler emme ve basma olmak üzere temelde iki stroktan oluşmaktadır. Emme strokunda diyafram dışa doğru genişlemekte ve oyuğu hacmini arttırarak içeriye hava emişin sağlamaktadır. Basma strokunda ise diyafram içeriye doğru hareket ederek oyuğun hacmi azaltılmakta ve dışarıya doğru hava okışı oluşmaktadır. Diyaframların emme-basma frekansları eğer yeteri kadar büyük ise ($>10\text{Hz}$) hava akışının olduğu orifis ağzından çok az uzaklıktaki bir bölgede hava akışı emme strokundan etkilenmemektedir ve böylece sürekli bir jet akışı

hava akımı sağlanmaktadır. Şekil 5.15’da bu sistemin nasıl çalıştığı şematik olarak gösterilmiştir. Sentetik jet düzeneğinde diyafram olarak piezoelektrik malzeme tercih edilmiştir. Piezoelektrik özelliği, bazı malzemelere uygulanan mekanik basınç sonucunda, malzemenin elektrik alan ya da elektriksel potansiyel yaratma yeteneğidir. Bu etki, malzemenin içindeki polarizasyon yoğunluğundaki değişimle doğrudan alakalıdır. Eğer malzeme kısa devre değilse, uygulanan gerilme, malzemede bir voltaj meydana getirir. Bunun tersini söylemek de mümkündür. Eğer piezo malzemeye bir elektrik akımı uygulanırsa, piezo yüzeyi şekil değiştirir. Sentetik jet prensibine göre çalışan piezoelektrik fandan elde edilen hava akışı şekil 5.16’de şematik olarak gösterilmiştir. Diyaframın hareketinden dolayı oyuk içerisinde oluşan hacim azalması diyaframda meydana gelen deplasman;

$$\delta(r) = \frac{\Delta}{2} \left[1 - \frac{r^2}{R^2} + \frac{2r^2}{R^2} \ln \left(\frac{r}{R} \right) \right] \quad (5.17)$$

yardımıyla belirlenebilir. Buradaki Δ maksimum deplasman değeri, R diyaframın yarıçapıdır. Oyuktan dışarı çıkan hava hacmi ise;

$$\frac{L}{h} = \frac{0.25\pi D^2 \Delta}{4wh^2} \quad (5.18)$$

şeklinde ifade edilebilir. Buradaki, h ve w sırası ile orifis deliğinin genişliği ve uzunluğudur. Bunun yanında sentetik jetin ortalama hızı ise;

$$U_o = \sqrt{2}fL \quad (5.19)$$

şeklinde elde edilebilir. Buradaki f diyaframın frekansıdır.

Diyaframın dinamiğini tanımlayan tek serbestlik dereceli zorlamalı kütle yay sisteminin hareketini veren denklem;

$$m_{\omega t} \ddot{x}_{\omega} + c_{\omega t} \dot{x}_{\omega} + k_{\omega} x_{\omega} = F - p_i A_{\omega} \quad (5.20)$$

Burada $m_{\omega t}$ zar ve piezo diskin toplam kütlesini, $c_{\omega t}$ zar ve piezo diskin yapısal sönümünü, $x_{\omega}(t)$ zarın deplasmanını, k_{ω} zarın rijitliğini, $F = F_0 \sin \omega t$ elektrodinamik kuvvetini, p_i zarın yakınındaki havanın iç basıncını, A_{ω} zarın alanını temsil etmektedir. Diyaframın yay katsayısı Denklem (5.21)'de yazılmıştır.

$$k_{\omega} = m_{\omega t} (2\pi f_{\omega})^2 \quad (5.21)$$

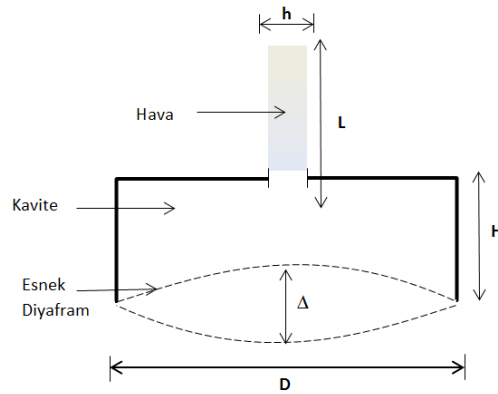
Burada f_{ω} sabit sınır şartlarına sahip zarın mod frekanslarıdır.

$$f_{\omega} = \frac{10.2}{\pi\sqrt{3}} \frac{th_{\omega}}{d_{\omega}^2} \sqrt{\frac{E_w}{\rho_{\omega}(1-\vartheta_{\omega}^2)}} \quad (5.22)$$

Buradaki f diyaframın birinci tabi frekansdır, ayrıca $th_{\omega}, d_{\omega}, E_w, \rho_{\omega}$ ve ϑ_{ω} sırasıyla zarın kalınlığı, çapı, elastisite modülü, yoğunluğu, ve poisson oranıdır. Isı transferinden de bilindiği üzere fandan çıkan hava hızının artması ile soğutma etkisi önemli ölçüde artmaktadır. Sonuç olarak diyafram olarak piezoelektrik seramiklerin kullanıldığı dikkate alınırse piezo fanın soğutma performansını etkileyen parametreler; piezo elektrik malzeme, diyafram kalınlığı, piezo seramiğe uygulanan gerilimin genlik ve frekans değerleri olarak karşımıza çıkmaktadır.



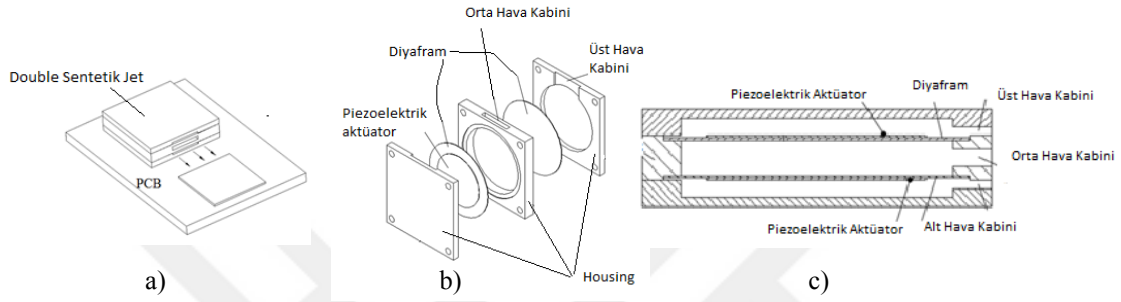
Şekil 5.16. Sentetik jet sistemi(emme-püskürtme).



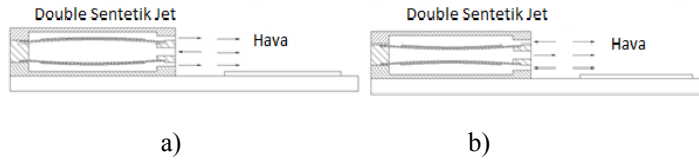
Şekil 5.17. Sentetik jet hava akışı.

5.5 Verimliliği Yüksek Aktif Soğutucu Düzeneği Tasarımı

Soğutma sisteminin daha etkin çalışabilmesi için sentetik jet yapısında fiziksel ve mekanik yapısında değişiklikler gerçekleştirilebilir. Kaskad yapılı piezo seramik disklerin uygun hava akışı sağlayacak konfigürasyonda yerleştirilmesi ile performansın artırılması mümkündür. Önerilen düzenek Şekil 5.17’de verilmiştir.



Şekil 5.18. Çift etkili sentetik jet tasarımı a)montaj resmi b) de-montaj resmi c)kesit görünüş (Nil vd.)



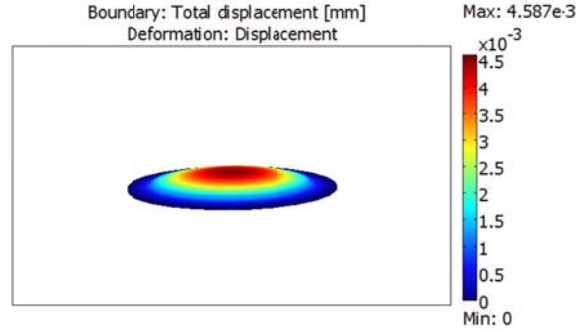
Şekil 5.19. Çift etkili sentetik jet a) emme b) püskürtme hareketi (Nil vd.)

Soğutma sisteminin daha etkin çalışabilmesi için sentetik jet yapısında fiziksel ve mekanik yapısında değişiklikler gerçekleştirilebilir. Yakın zamanda yazarlar tarafından önerilen çift etkili sentetik jet modeli Şekil 5.17 ve Şekil5.18’ de verilmiştir(Nil vd.,2016). Piezoelektrik seramik malzemelerin kullanıldığı soğutucu sistemi, PCB üzerinde ısınan devre elemanının aktif olarak soğutulması işlevini görmektedir. Bu uygulamada soğutma sistemi, bir devre kartı üzerine orta oda açıklığı ve kenar oda açıklığı bir devre elemanına bakacak şekilde yerleştirilmektedir. Piezoelektrik malzemenin, pozitif yükte elektrik uygulandığında bir yöne doğru bombe oluşturan, negatif elektrik uygulandığında ise diğer yöne doğru bombe oluşturan bir yapıda olması sağlanmaktadır. Piezoelektrik malzemeye pozitif (veya negatif) elektrik uygulandığında,

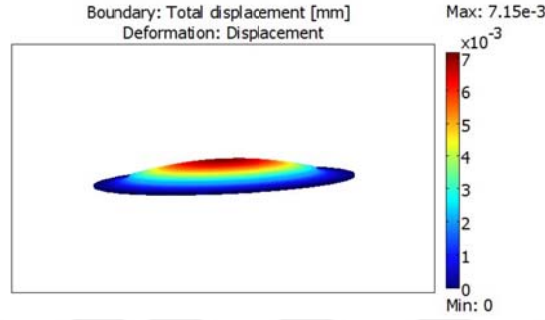
piezoelektrik malzeme diyaframın kenar odaya doğru bükülmesini sağlamaktadır. Bu durumda, kenar oda sıkışmakta (hacmi azalmakta) ve kenar oda içerisindeki hava kenar oda açıklığından dışarı çıkarak devre elemanına doğru hareket etmektedir. Aynı zamanda, orta oda genişmekte (hacmi artmakta) ve orta oda içerisine orta oda açıklığı vasıtasıyla devre elemanı üzerinden gelen hava girmektedir. Böylelikle, devre elemanı üzerinde bir hava akımı oluşturulmaktadır. Piezoelektrik malzemeye negatif (veya pozitif) bir yük uygulandığında yukarıda bahsedildiği gibi benzer şekil değişimleri olmaktadır.

5.6 Nümerik Analiz ve Deneysel Çalışmalar

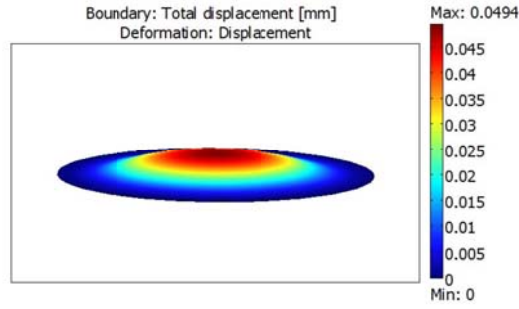
Yeni fan tasarımının kompakt ve küçük boyutlara sahip olması için en başta bilinmesi gereken piezo diyaframın uygulanan elektriksel gerilim karşılığında yaptığı maksimum deplasman miktarıdır. Dolayısıyla doğru boyutlardaki piezoseramik malzemenin seçimi uygulanan elektriksel gerilim, çalışma frekansı ve ısı yükünün miktarına bağlı olarak belirlenir. Piezo seramik malzemelerin şekil değişimi, uygulanan elektrik potansiyeli ile değişmektedir. Bu şekil değişimi aynı zamanda piezo seramiğin yapıştırıldığı diyaframın fiziksel ölçülerine de bağlıdır. Dolayısı ile piezo seramik ve diyaframdan oluşan bir piezo elemanın şekil değişimi elektriksel alan ve yapısal analizi içeren çoklu bir fizik problemidir. Piezo elemana ait deplasmanların doğru bir şekilde belirlenebilmesi için Comsol Multiphysics programı kullanılmıştır. Bu program sonlu elemanlar metodunu kullanan ticari bir yazılımdır. Programda piezo seramik için elektriksel alan ve yapısal denklemler dikkate alınırken diyafram için sadece yapısal denklemler uygun sınır şartlarının kullanılması ile çözülmüştür. Bu tasarımda sırasıyla 27 mm, 35 mm ve 44 mm'lik ölçülere sahip üç farklı diyafram kullanılmıştır. Şekil 5.19a-c'de farklı boyutlara sahip diyaframların sabit bir elektriksel gerilim altındaki deplasmanları verilmiştir. Çizelge 5.5'te ise bu diyaframların farklı elektriksel gerilimlerinde meydana gelen maksimum deplasmanları verilmiştir.



Şekil 5.20 a). 27 mm'lik diyaframa sahip piezo elemanın maksimum deplasmanı (30V).



Şekil 5.20 b). 35 mm'lik diyaframa sahip piezo elemanın maksimum deplasmanı (30V).

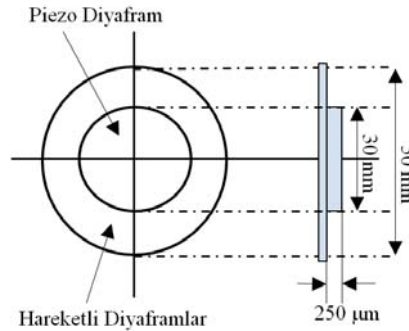


Şekil 5.20 c). 44 mm'lik diyaframa sahip piezo elemanın maksimum deplasmanı (30V).

Çizelge 5.5 Farklı elektrik potansiyel değerlerinde piezo elemanların maksimum yer değiştirme değerleri

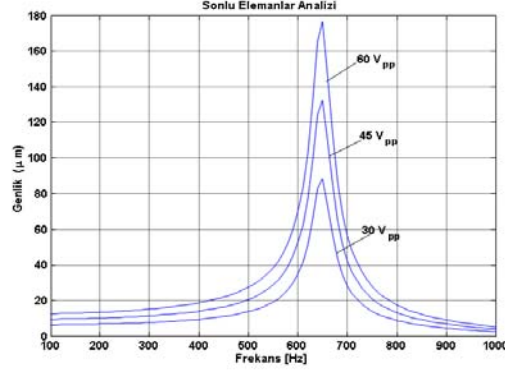
Piezo Diyafram Çapı (mm)	Uygulanan Elektriksel Gerilim Değeri (V)		
	30	20	15
	Maksimum Yer Değiştirme (m)		
44	4.94×10^{-5}	3.29×10^{-5}	2.47×10^{-5}
35	4.58×10^{-6}	3.06×10^{-6}	2.29×10^{-6}
27	7.15×10^{-6}	4.76×10^{-6}	3.57×10^{-6}

Analiz sonuçlarından da görüldüğü üzere piezo elemanların maksimum deplasmanları uygulanan elektriksel gerilim ve diyafram çapının artması ile önemli ölçüde artmaktadır. Uygun piezo malzemenin seçimi için titreşim-genlik davranışının bilinmesi gereklidir. Seçilecek Piezo diyaframın titreşim-genlik davranışını incelemek için sonlu elemanlar analizinden yararlanılmıştır. Bu amaçla ticari bir yazılım olan Comsol Multiphysics programı kullanılmıştır. Yapılan sonlu elemanlar analizinin doğruluğu literatürde yer alan Yang'ın çalışması kullanılarak test edilmiştir (Yang,2009). Yang, çalışmasında sentetik jet elde etmek için şekil 5.20'te verilen piezoelektrik diyaframı kullanmıştır. Burada disk şeklindeki piezo malzeme PZT-5A'dır. Piezo disk, pirinç malzemeden üretilen ilave ikinci bir diskin üzerine lehimlenmiştir. Pirinç diskin kalınlığı ise 250 μm 'dir. Yang çalışmasında, piezoelektrik diyaframa farklı elektriksel gerilimler uygulamış ve diyaframın merkezinde oluşan yer değiştirmeyi (genlik) deneysel olarak ölçmüştür. Buna göre; 60/45/30 Vpp elektriksel gerilimlere karşılık gelen maksimum yer değiştirme değerlerini 180/130/90 μm olarak elde etmiştir. Ayrıca, diyaframın doğal frekansını 648 Hz olarak tespit etmiştir.



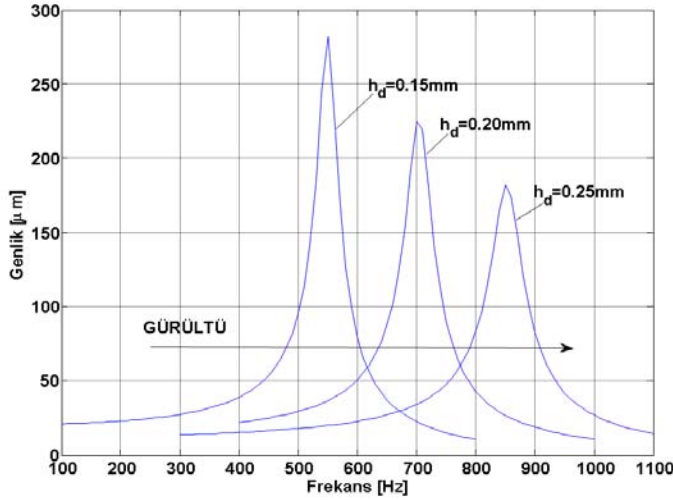
Şekil 5.21. Piezoelektrik diyafram geometrisi(Kyocera PZT5A)

Şekil 5.22'de Yang'ın çalışmasında kullandığı piezoelektrik diyaframın frekans genlik eğrisi sonlu elemanlar analizi ile elde edilmiştir. Şekilde gösterildiği üzere Yang'ın deneysel sonuçları ile sayısal sonuçların birbirlerine çok yakın olduğu görülmektedir. Analizin doğrulanmasından sonra farklı tasarım parametrelerinin optimizasyonu sonlu elemanlar ile gerçekleştirilecektir.



Şekil 5.22. Piezoelektrik diyaframın frekans-genlik eğrisi

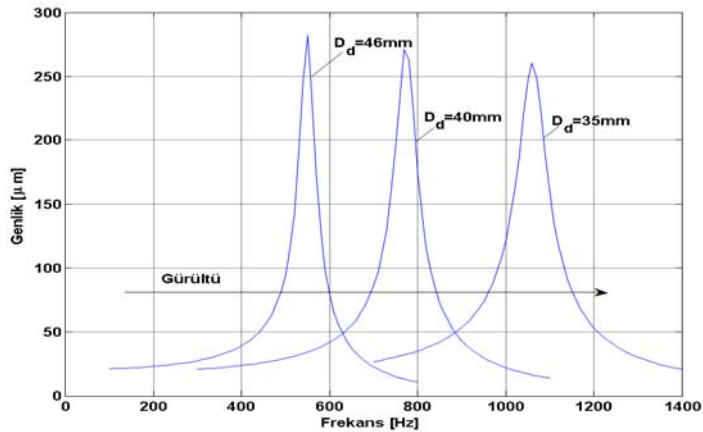
Pirinç malzemeden üretilen metal diyaframın kalınlığının genlik ve doğal frekans üzerindeki etkisinin bilinmesi gereklidir. Bu amaçla kullanılan piezoelektrik diyaframın ölçüleri; $D_d=46\text{mm}$, $D_p=25\text{mm}$, $h_p=0.15\text{mm}$ şeklindedir. Buradaki, D_d diyaframın çapı, D_p piezoelektrik diskin çapı ve h_p ise piezo diskin kalınlığıdır. Sistemde kullanılan piezo malzeme PZT-5A'dır. Uygulanan elektriksel gerilim ise 60 Vpp değerindedir. $h_d=0.15\text{mm}$, $h_d=0.20\text{mm}$ ve $h_d=0.25\text{mm}$ olarak 3 farklı diyafram kalınlıkları dikkate alınmıştır. Sırası ile bu kalınlıklara karşılık gelen doğal frekanslar ise; $f_{0.15\text{mm}}=550\text{ Hz}$, $f_{0.20\text{mm}}=704\text{ Hz}$ ve $f_{0.25\text{mm}}=852\text{ Hz}$ şeklindedir.



Şekil 5.23. Farklı piezoelektrik diyafram kalınlıklarına karşılık frekans-genlik eğrileri.

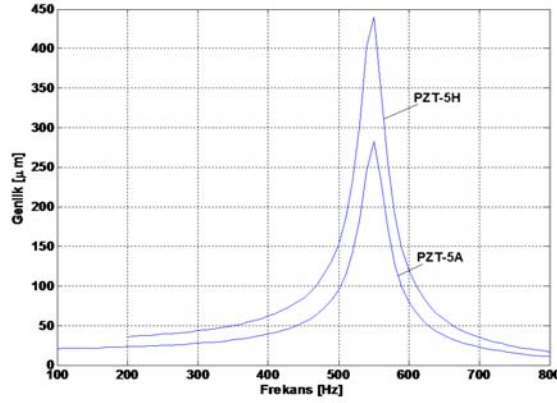
Şekil 5.23'de görüldüğü üzere diyafram kalınlığının artması ile genlik değerleri önemli bir ölçüde azalmaktadır. Bunun yanında diyaframın doğal frekansı da kalınlık ile artmaktadır. Elektronik cihazların soğutulmasında

kullanılan ekipmanlar için dikkat edilmesi gereken bir diğer önemli konu ise gürültüdür. Bilindiği üzere piezoelektrik elemanlar üzerine uygulanan elektriksel geriliminin frekansının artması ile ortaya çıkan gürültü önemli bir şekilde artmaktadır. Genellikle piezo elemanlar 100-200 Hz bandında fısıltıya karşılık gelen (30 db'den küçük) insanı rahatsız etmeyen düşük bir gürültü üretmektedirler. Sonuç olarak, piezoelektrik diyafram tasarlanırken rezonans frekansının düşük gürültü bölgesine karşılık gelen 100-200 Hz bandının arasında yer almalıdır. Bu bölümde pirinç malzemeden üretilen metal diyaframın çapının genlik ve doğal frekans üzerindeki etkisi incelenmiştir. Bu amaçla kullanılan piezoelektrik diyaframın ölçüleri; $D_p=25\text{mm}$, $h_p=0.15\text{mm}$, $h_d=0.15\text{mm}$ şeklindedir. Sistemdeki piezo malzeme PZT-5A'dır. Uygulanan elektriksel gerilim ise 60 Vpp değerindedir. $D_d=46\text{mm}$, $D_d=40\text{mm}$, $D_d=35\text{mm}$ olmak üzere üç farklı diyafram çapı dikkate alınmıştır. Sırası ile bunlara karşılık gelen doğal frekanslar ise; $f_{46\text{mm}}=550\text{ Hz}$, $f_{40\text{mm}}=704\text{ Hz}$ ve $f_{35\text{mm}}=852\text{ Hz}$ şeklindedir.



Şekil 5.24. Farklı piezoelektrik diyafram çaplarına karşılık frekans-genlik eğrileri

Yukarıdaki grafikte görüldüğü üzere genlik değerleri diyafram çapının artması ile artmaktadır. Bunun yanında doğal frekans ise çap değerinin artması ile azalmaktadır. Şekil 5.25'de piezoelektrik malzemenin frekans ve genlik üzerindeki etkisi gösterilmiştir. PZT-5A ve PZT-5H olarak iki farklı malzeme üzerinde durulmuştur.



Şekil 5.25. Farklı piezoelektrik malzemelere karşılık frekans-genlik eğrileri

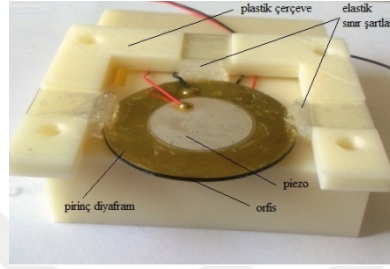
Yukarıdaki şekilde görüldüğü üzere aynı elektriksel gerilim değerleri için PZT-5H malzemesi için elde edilen genlik değerlerinin çok daha yüksek olduğu görülmektedir. Bunun yanında piezo malzemenin doğal frekans üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı görülmektedir. Soğutucu sistemin metal diyafram kalınlığının azalması ve çapının artması ile genlik değerleri artarken frekans değerleri düşük gürültü bölgesine yaklaşmaktadır. Piezo malzeme olarak PZT-5H'ın kullanılmasının daha büyük genlik değerleri sağladığı belirlenmiştir. Çizelge 5.6'da teorik ve nümerik analiz sonucunda elde edilen doğal frekansların diyafram çapı ve diyafram kalınlığına göre karşılaştırılması sunulmuştur.

Çizelge 5.6. Diyaframın kalınlık ve çap ölçülerine göre elde edilen diyaframın birinci doğal frekansları

Diyafram Kalınlığı	Diyafram Çapı	Simülasyon sonuçları 1. Doğal Frekans	Teorik sonuçlar 1. Doğal Frekans
0,15	46	550	481
0,15	40	780	636
0,15	35	1050	831
0,20	46	704	641
0,25	46	852	802

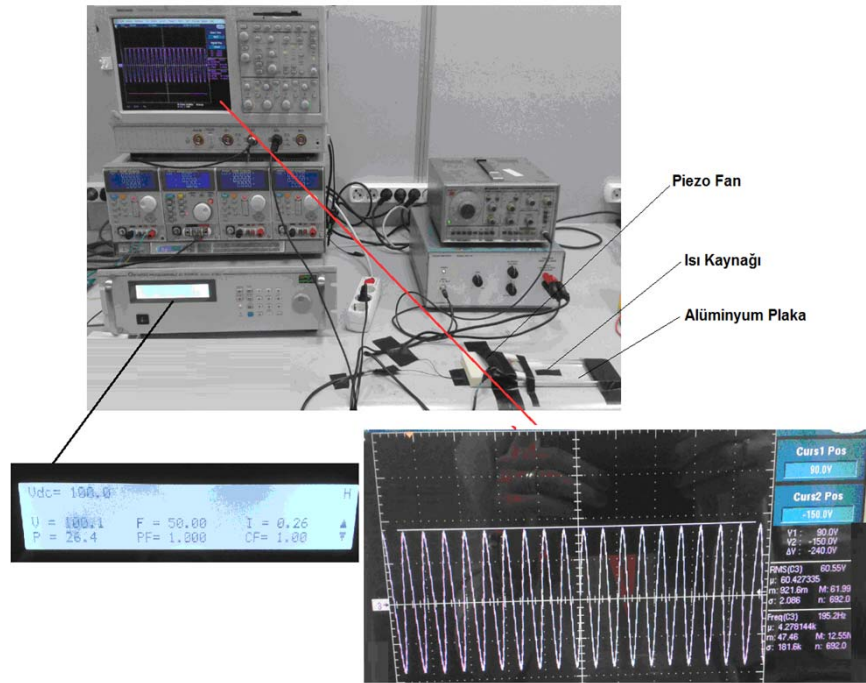
Sonlu elemanlar analizleri sayesinde elde edilen bu sonuçlar ile ince ve büyük çapta diyafram kullanılarak Şekil 5.26'de görülen piezo fan; iki piezo PZT-5H malzemesinden üretilen diyaframın silikon ile yapıştırılması ile oluşturulmuştur. Diyaframlar arasındaki kalınlık 0.1 mm olacak şekilde diyaframlar birbirine yapıştırılmıştır. Diyafram çifti 3D yazıcı ile üretilen kasaya silikon ile bağlanmıştır. Hava kanalı için 5mm'lik boşluk bırakılmıştır. Silikon

yapıştırıcı kullanılmasının nedeni ise diyafram sınırlarında elastik şartın sağlanmasıdır. Böylelikle iki diyafram arasında bir hava boşluğu sağlanmakta ve diyaframların titreşimi serbest sınır şartlarına yakın olması sağlanmaktadır. Piezo diyaframlar plastik çerçeveye de silikon ile monte edilmiştir. Bu sayede diyaframda üretilen titreşim hareketi silikonda sönümlenmekte ve titreşimlerin fanın kullanılacağı cihaza aktarılması engellenmektedir.



Şekil 5.26. Piezoelektrik fan tasarımları.

Gerçekleştirilen bu soğutucu sistemin performansının ölçülmesi için aşağıdaki deney düzeneği tasarlanmıştır.



Şekil 5.27. Piezo soğutucu sistemi doğrulama test düzeneği.

Anakart üzerinde ısı üreten devre elemanlarını simüle etmek amacıyla bir alüminyum plakanın altına bağlanan ısıtıcıya 100 voltluk 0.26 amperlik DC akım uygulanmıştır. Şekil 5.28a)'da görülen Piezo fan alüminyum plakanın üzerine

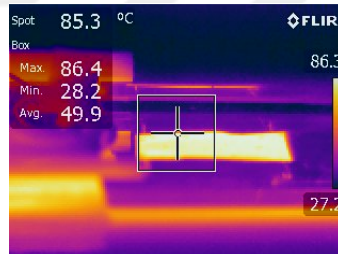
hava akımı sağlayacak şekilde plaka üzerine yerleştirilmiştir. Piezo fan çalıştırılmadığı durum için termal kamera ölçümü Şekil 5.28b)'de görülmektedir. Alüminyum plakanın denge sıcaklığı 107 °C'dir. Piezo fan çalıştırıldığında alüminyum levha üzerinde jet akışı oluşturulmakta ve ısı transferi gerçekleşmektedir. Piezo fan soğutucu sisteme $V_{pp}=90V$ ve $f=195$ Hz sinüs elektriksel gerilim uygulanmıştır. Şekil 5.28c)'de tek piezo fanlı yapı ve Şekil 5.28 d)'de çift piezo fan yapıları sistemin çalıştırılmasından sonra plaka üzerinden alınan termal ölçümler sırasıyla 85,3 °C ve 73,8 °C olarak gerçekleşmiştir. Gerçekleştirilen tasarımın çift piezo etkisinden dolayı daha yüksek verimli soğutucu sistemi elde edilmiştir.



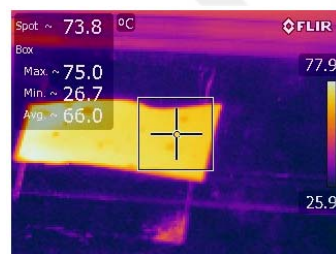
a)



b)



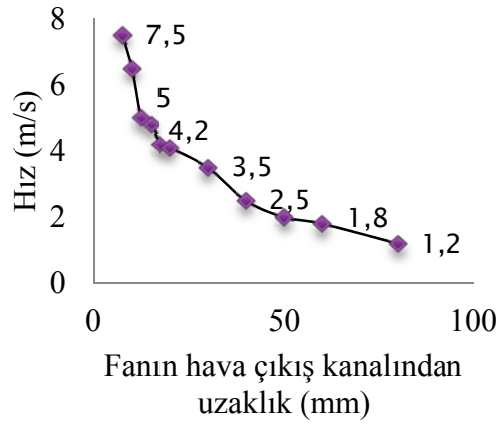
c)



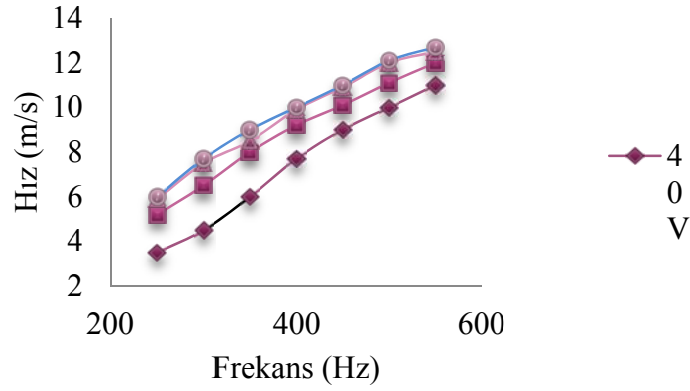
d)

Şekil 5.28. a) Piezo fan soğutma sistemi, b) Çalışmadığı durumda sıcaklık ölçümü c) Tek piezo fan çalıştığı durumda sıcaklık ölçümü d) Çift piezo fan çalıştığı durumda sıcaklık ölçümü.

Şekil 5.29'da piezo fanın hotwire anemometre ile ölçülen ortalama hız değerleri verilmiştir. Fanın hava çıkış kanalından uzaklaşıldıkça hava akış hızı azalmaktadır. Bu yüzden piezo fan ısı kaynağının ne kadar yakınına konumlandırılırsa o kadar soğutma performansı iyileşecektir. Şekil 5.30'da ise piezo fana uygulanan voltaj ve frekansın piezo fanın hava çıkış hızına etkisi görülmektedir. Frekans ve voltaj arttırıldıkça hava çıkış hızı da artmaktadır.



Şekil 5.29. Piezo fanın hız profili.

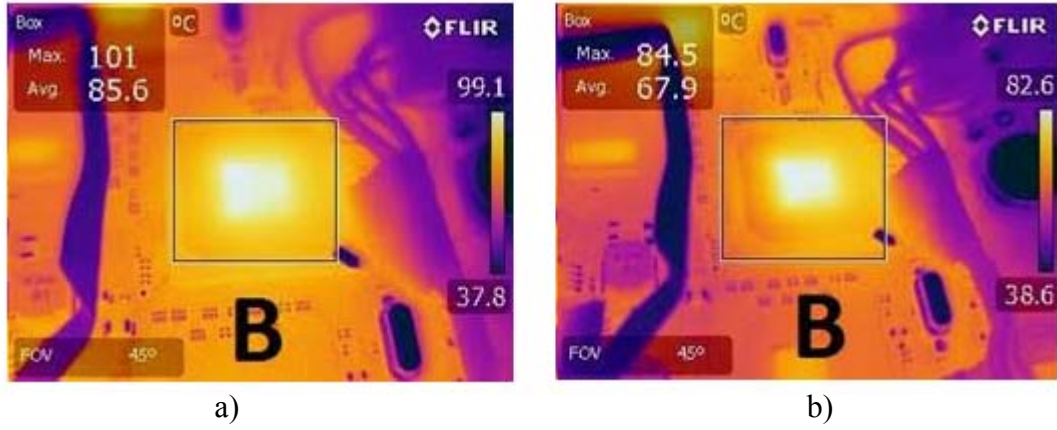


Şekil 5.30. Piezo fanın Frekans ve voltajın fanın çıkış hızına etkisi.

Piezoelektrik fan soğutucu sistemi OLED cihazın anakart bölümündeki ana entegre devrenin soğutulması amacı ile Şekil 5.31’de görüldüğü gibi bir test düzeneği hazırlanmıştır. OLED cihaz, sıcaklık kontrollü kabinde 40 °C ortam sıcaklığında maksimum güçte çalıştırılmıştır ve anakart bölmesinin arka kapağı kapatılarak ana IC üzerinden pieoelektrik fanlı ve fansız durumlar için Şekil 5.32 için sıcaklık ölçümleri alınmıştır.



Şekil 5.31. Anakart üzerinde piezoelektrik fan yerleşimi.



Şekil 5.32. a) Fansız ve b) Fanlı durumlara ait sıcaklık dağılımları.

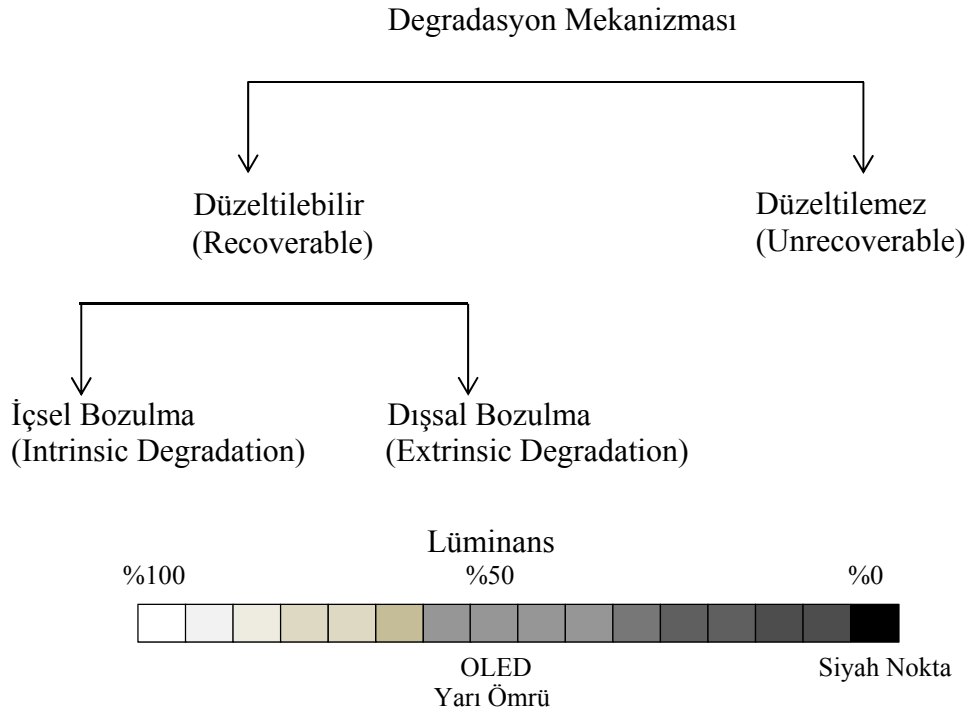
Şekilden de görüldüğü üzere piezoelektrik fanın kullanıldığı durumda ana IC üzerinde önemli bir sıcaklık düşüşü elde edilmiştir. Ayrıca IC üzerinde kanatçıklı alüminyum soğutucu kullanılmasına gerek kalmamıştır.

Yapılan çalışma neticesinde OLED ekranlarda ısı yayıcısının kullanılması ile sıcaklık değerleri önemli ölçüde düşürülürken, daha homojen bir sıcaklık dağılımı elde edilmektedir. Bunun yanında, ısı yayan diğer elektronik elemanların soğutulması için ince ve düşük enerji tüketimine sahip piezoelektrik fan kullanımı önemli bir alternatif olarak öne çıkmaktadır. Piezo fan soğutucu sistemi ile uygulanan gerilimin genlik ve frekans değerinin artması ile soğutma performansının artacağı görülmektedir. Fakat bu değerlerin artması ile orantılı olarak piezoelektrik elemanlar önemli ölçüde ses oluşturduğundan dolayı yapılan çalışmalarda optimal değerler olarak 120 Vp-p ve 250 Hz bulunmuştur.

6. OLED DEGRADASYON MEKANİZMALARI

6.1 OLED Degradasyon Mekanizması

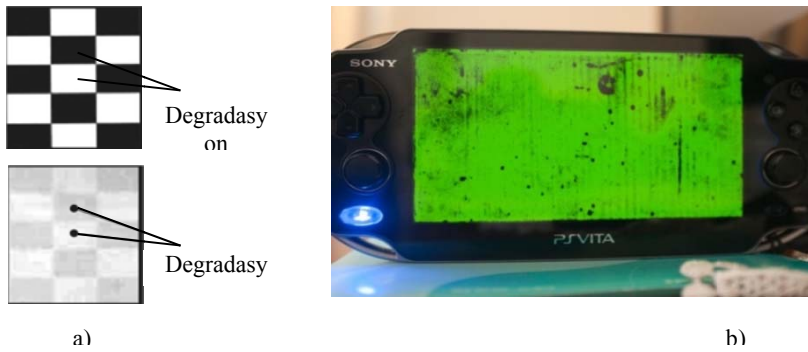
OLED piksel'in ana fonksiyonu, istenilen renkte ve seviyede ışık vermesidir. OLED ekranların ticarileşmesi, verimlilik, renk ve çalışma kararlılıklarına bağlıdır. Ancak, ekranı oluşturan OLED piksellerde zaman içerisinde iç ve dış faktörlere bağlı olarak renk kayması ve/veya lüminesans değerinde azalmalar görülebilmektedir. OLED'in yerine getirmesi beklenen fonksiyonundaki performans düşümü istenmeyen bir durumdur ve degradasyon olarak adlandırılır. OLED'in ömrünü kısıtlayan en önemli dezavantajlarından birisi, zamana bağlı olarak degrade olmasıdır. Degrade olan OLED piksel, tüm fonksiyonlarını tamamen yerine getiremeyecek anlamına gelmez. Degradasyonun başladığı erken safhada harici elektronik kompanzasyon devreleri ile performanslarını artırmak mümkündür. Ancak maruz kaldığı etkiye ve zamana bağlı olarak geri dönülemeyecek siyah nokta (dark spot) gibi katastrofik piksel hatası meydana gelebilir. Gerçek degradasyon düzeltilemez OLED hatasıdır. OLED'lerdeki degradasyon mekanizması Şekil 6.1'de belirtilmiştir.



Şekil 6.1. OLED Degradasyon mekanizmaları.

OLED’lerde bozulma mekanizması oldukça karmaşık, birçok farklı parametrenin etken olduğu ve halen araştırılan bir konudur. OLED içerisinde kullanılan organik malzemelere ve bu OLED’i süren elektronik devrenin mimarisine göre degradasyon mekanizmalarında farklılıklar görülebilmektedir. OLED içerisindeki organik yapının kimyasal olarak bozulmaya başlaması içsel bozulma, OLED’i süren elektronik yapının elektriksel kararsızlığı sonucunda yapının bozulması ise dışsal bozulma olarak adlandırılabilir.

Organik malzemelerin saflığı, camsı geçiş sıcaklığı ve üretim esnasında oksijen ve nem gibi çevresel faktörlere maruz kalması en kritik içsel degradasyon mekanizmalarıdır. OLED’ler düşük iş fonksiyonuna sahip katot elektrot olarak kullanılmaktadır. Katot malzemenin oksijen ve neme maruz kalmasıyla çok hızlı bir biçimde degrade olduğu bilinmektedir. Günümüzde ortam koşullarına maruz kalan ve elektrik alan altında hızla bozulan katot degradasyonuna siyah nokta denilmektedir. Optik yayılım bölgesinde oluşan siyah nokta oluşumları için birçok çalışma bulunmaktadır (So and Konkadov, 2010). Genel olarak siyah noktalar yapının dış ortamdan yeterince korunamamasından ve elektriksel stres altındayken bu oluşumların büyümesinden dolayı oluşmaktadır. Siyah noktaların oluşma kaynağı ise genellikle yapının alttabakasında üretim öncesinden kalan parçacıklara dayandırılmaktadır. Katot ile organik katmanlar arasındaki elektrokimyasal reaksiyonlar sonucu çıkan gaz, bu yapılara nüfuz etmesi sonucunda aygıtın optik verimliliğini doğrudan etkileyen bir parametre olmuştur. İyi bir enkapsülasyon ile oksijen ve nemden yalıtımı sağlamak gereklidir. OLED ekran üretimi esnasında ortam koşullarının kontrolü, kaliteyi ve panelin ömrünü belirleyen kritik süreçlerden birisidir.

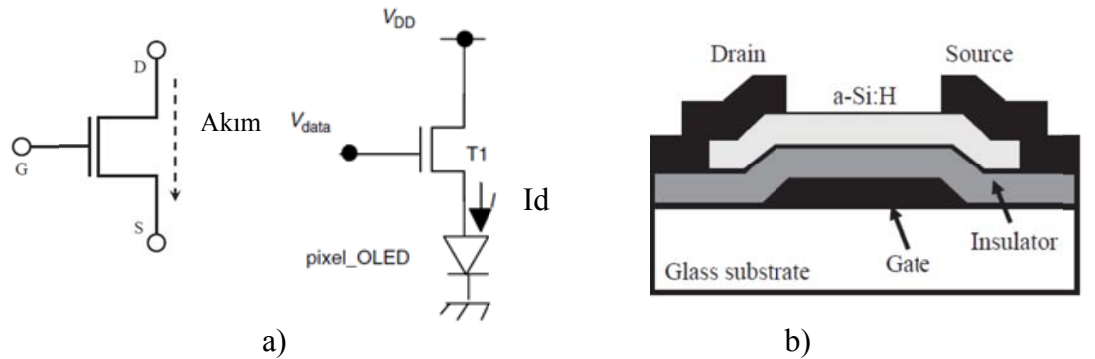


Şekil 6.2. OLED a) Degradasyon düzeyi, b) Siyah nokta.

Organik malzemelerin kristalleşmesi, OLED'in degradasyonunda önemli içsel nedenlerdendir. Organik ince filmler buhar evaporasyon ile kaplandığı için camsı ve amorf yapılıdır. Kristalizasyon, degradasyon mekanizmasında en etkin parametredir. OLED'i oluşturan organik tabakalardan HTL-Hole Transport Layer düşük camsı geçiş sıcaklığına sahip olmasından dolayı, Organik ışık yayan diyotun ısıl kararlılığı bu kristalleşmeden etkilenir. Kararsız çalışma sonucunda organik tabakaların ısı artışına bağlı olarak camsı geçiş sıcaklığı (T_g) etkilenmesi sonucunda kristalleşme artmakta ve buna bağlı olarak OLED'in degradasyon hızı artmaktadır (Zardareh and Boroumand, 2009).

OLED'i oluşturan malzemelerin mümkün olduğunca saf olması, üretim prosesleri esnasında oksijen ve nem gibi ortamlara maruz kalmayacak şekilde kontrollü olması, lüminans verimliliğini artıran difizyon ile iyonik yük geçişlerinin azalmasına neden olacaktır. Kullanılan organik malzemelerin yüksek camsı geçiş sıcaklığına sahip olması ise, OLED aygıtın daha dayanıklı olmasını sağlayacaktır (Hamada et al., 1992; Zou et al., 1997).

OLED degradasyonunu etkileyen bir diğer önemli faktör ise, dışsal bozulmalardır. OLED'in bozulması kendisini süren elektronik devrenin mimarisi ile ilgili olabilmektedir. OLED'i süren transistörün çıkış akımı I_d ; OLED'in parlaklığını doğrudan etkilemektedir. Bu transistörün kararsız çalışması sonucunda çıkan akımda kararsız olacak ve OLED yapısı zaman içerisinde daha hızlı bozulma meydana gelecektir.



Şekil 6.3. OLED sürücü transistör a) şematik yapısı, b) kesit yapısı.

Şekil 6.3'te cam altlık üzerine üretilen a-Si TFT kesit yapısı görülmektedir. İlk olarak Gate elektrodu oluşturulur ve genellikle krom, tantalum veya alüminyum kullanılır. Ardından PECVD (Plasma Enhanced Chemical Vapour Deposition) yöntemi ile gate elektrodu, Silisyum Nitrür (SiNx) veya silisyum oksit (SiOx) izolasyon katmanı ile kaplanır. Son olarak izolasyon katmanının üzerine a-Si katman üzerinde Source ve Drain elektrodlar oluşturulur. Gate gerilimi, kanal geçirgenliğini aç/kapa anahtarlama yoluyla etkiler. Drain'den Source'a akan akım akışı (I_d), gate tarafından modüle edilir ve V_D gerilimine bağlıdır. a-Si TFT için I-V karakteristikleri aşağıdaki eşitliklerde tanımlanmıştır.

$$I_D = \frac{1}{2} (\mu_n C_i) \left(\frac{W}{L} \right) [2(V_G - V_T)V_D - V_D^2], \quad 0 \leq V_D \leq V_G - V_T, \quad (6.1)$$

$$I_D = \frac{1}{2} (\mu_n C_i) \left(\frac{W}{L} \right) (V_G - V_T)^2, \quad V_D > V_G - V_T \quad (6.2)$$

μ_n ; elektron mobilitesi ($\text{cm}^2 \cdot \text{V}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$)

C_i ; İzolasyon katmanının birim alandaki kapasitesi ($\text{F} \cdot \text{cm}^{-2}$)

W ; Kanal genişliği

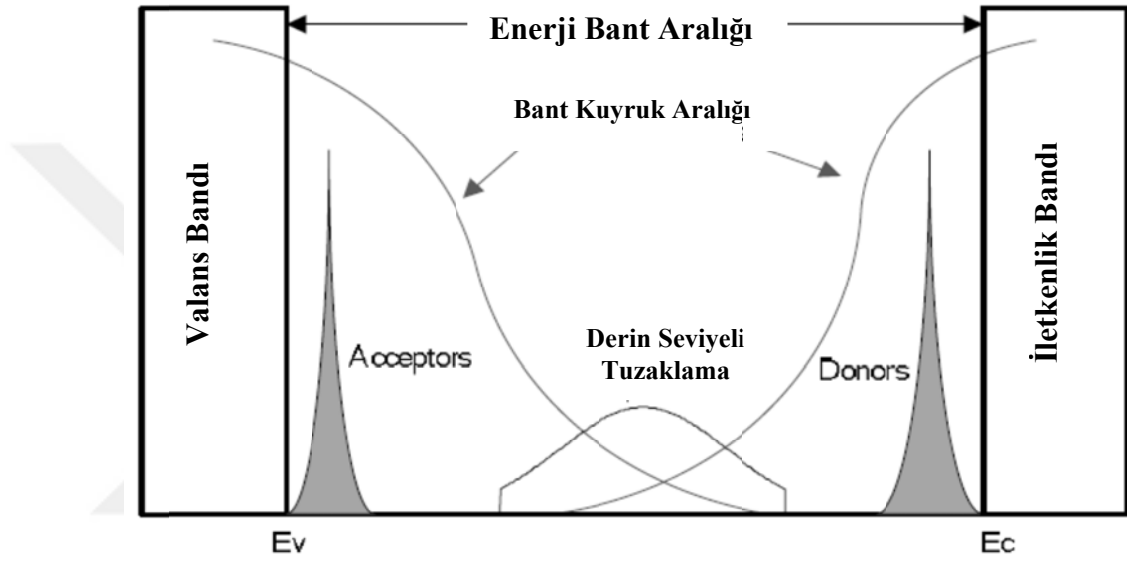
L ; Kanal uzunluğu (Source-Drain arasındaki uzaklık)

V_T ; Eşik gerilimi (Threshold Voltage)

Denklem 6.1 ve Denklem 6.2'de görüldüğü üzere TFT transistörünün çıkış akımı ile V_T eşik gerilimi arasında doğrudan bir ilişki mevcuttur. V_T geriliminde meydana gelecek kayma doğrudan I_d çıkış akımını etkileyecek ve dolayısıyla bu akım sürdüğü OLED'in ışık seviyesini etkileyecektir. Bu açıdan bakıldığında sürücü transistörün degrade olmasına bağlı olarak piksellerden oluşan ekranda kalite problemleri oluşmaktadır.

TFT LCD ekran teknolojilerinde, a-Si:H TFT ve Polikristalize TFT olmak üzere iki çeşit ince film transistör yapısı kullanılmaktadır. OLED ekranlarda sürücü transistör olarak ayrıca IGZO TFT kullanılmaktadır. Her bir TFT elektronik mimarisi farklı ve birbirlerine göre avantaj ve deavantajlara sahiptir. Her 3 TFT yapısında, belirli bir zaman içerisinde gate gerilimine karşı TFT karakteristiklerinde degradasyon gözlemlenir. Bu degradasyonun nedeni ise ince

film transistörün V_T geriliminde kayma meydana gelmesidir. V_T kararsızlığını etkileyen, TFT içerisinde “yük tuzaklaması” ve “Kusurlu durum oluşumu” olmak üzere kabul görmüş 2 mekanizma vardır. Yük tuzaklama mekanizmasında; a-Si:H kanaldan SiN izolasyon tabakasına yük akışı gerçekleşerek kusur durumları (defect states) oluşur. TFT’nin çok uzun gate gerilimlerine maruz kalması ile elektriksel stres sonucunda zayıf bağların kopar ve transistör yapısında kusurlu durumlar oluşur (Kanicki, 2003).



Şekil 6.4. a-Si:H Elektriksel stress sonucu oluşan trap mekanizması (Kanicki, 2003).

Yük tuzaklaması iki şekilde oluşur. Sığ seviyeli tuzaklama (shallow traps) ve Derin seviyeli tuzaklama (Deep traps). Sığ seviyeli tuzaklamada yükler gate bias gerilim değişimlerine çok hızlı tepki verir ve kolayca valans bandından iletim bandına geçebilir. Dolayısıyla derin seviyeli tuzaklar yarıiletken karakteristiğinde daha etkilidir. Derin seviyeli tuzaklar veya derin seviyeli kusurlar, yarıiletkenlerde genellikle istenmeyen bir elektronik kusur türüdür. Derin seviyeli tuzaklamada, bir elektronu veya boşluğu tuzaktan valans bandına veya iletim bandına çıkarmak için gereken enerjinin karakteristik termal enerji kT 'den çok daha büyük olması anlamına gelmektedir. OLED piksel sürecü devresindeki sürücü transistörün çok uzun süre gate gerilimine maruz kalması ile V_T eşik gerilim kayması arasında, yük tuzaklamasına bağlı olarak doğrudan ilişki bulunmaktadır (Sambandan, 2007). Eşik gerilimindeki kayma V_T aşağıdaki denklemde tanımlanmaktadır.

$$\delta v(t) = v(t) - v(0) = (V_{GS} - v(0))(g_D(t) + g_S(t)) \quad (6.3)$$

$v(t)$; t zamanındaki eşik gerilimi

$v(0)$; başlangıçtaki eşik gerilimi

$\delta v(t)$; V_T kayması

V_{GS} ; Uygulanan Gate Bias gerilimi

$g_D(t)$; Derin seviyeli yük tuzaklama dinamikleri

$g_S(t)$; Sığ seviyeli yük tuzaklama dinamikleri

Ekranda video sinyalinin olduğu durumda, Şekil 6.3 a)'da verilen piksel devresinde görüldüğü gibi OLED'in sürülmesi veri sinyali tarafından sağlanmaktadır. Veri sinyali $\langle V_{DATA} \rangle$, ortalama dağılım fonksiyonuna karşılık gelmektedir.

V_T kaymasının veri sinyali olan ekrandaki resim ile ilişkisini anlamak için istatistiksel çözümden yararlanılabilir. V_T kaymasını ayırık rastgele değişken u ; rastgele değişkenler olan u_D ve u_S toplamı olarak gösterebiliriz.

$$u = u_D + u_S \quad (6.4)$$

u ; V_T kayması rastgele değişkeni

u_D ; V_T kayması rastgele değişkeninin derin seviyedeki yük tuzaklama ile ilişkisi

u_S ; V_T kayması rastgele değişkeninin sığ seviyedeki yük tuzaklama ile ilişkisi

Verilen t zamanda V_T kaymasının, derin ve sığ seviyedeki yük tuzaklamanın etkilerinin beklendik değerleri sırasıyla $\langle u \rangle$, $\langle u_D \rangle$, $\langle u_S \rangle$ olarak verilmiştir.

$$\langle u \rangle = \langle u_D \rangle + \langle u_S \rangle \quad (6.5)$$

u_D ve u_S olasılık yoğunluk fonksiyonları sırasıyla $f(u_D, t)$ ve $f(u_S, t)$ 'dir.

$$\lambda_D = (\langle V_{GS} \rangle - v_T(0)) \frac{dg_D}{dt} \quad (6.6)$$

λ_D ; Birim zamanda derin düzeyden üst enerji düzeyine geçen yüklerin olasılığı

V_{GS} ; Gate-Source gerilimi yani; veri sinyalinin beklendik değeri $\langle V_{DATA} \rangle$
 $g_D(t)$; Derin seviyeli yük tuzaklama dinamikleri

$$\lambda_S = (\langle V_{GS} \rangle - v_T(0)) \frac{dg_S}{dt} \quad (6.7)$$

λ_S ; Birim zamanda sığ düzeyden üst enerji düzeyine geçen yüklerin olasılığı
 V_{GS} ; Gate-Source gerilimi yani; veri sinyalinin beklendik değeri $\langle V_{DATA} \rangle$
 $g_S(t)$; Sığ seviyeli yük tuzaklama dinamikleri

Derin düzeydeki tuzaklamaya bağlı V_T kaymasının beklendik değeri;

$$\langle u_D \rangle = (\langle V_{DATA} \rangle - v_T(0)) g_D \quad (6.8)$$

$$\langle u_S \rangle = (\langle V_{DATA} \rangle - v_T(0)) g_S = 0 \quad (6.9)$$

Denklem 6.5 tekrar üretilirse;

$$\langle u \rangle = \langle u_D \rangle + \langle u_S \rangle = (\langle V_{DATA} \rangle - v_T(0)) g_D \quad (6.10)$$

Eğer V_{DATA} ; dinamik video sinyali ise OLED piksel sürücü transistöründe sığ düzeyli yük tuzaklama görülür ve V_T kayması gözlenmediğinden ekran genelinde önemli bir sorun gözükmez. Ancak V_{DATA} video sinyali çok uzun zaman statik resim olması durumunda ise yada dinamik bir videonun hareketsiz resim bölgesi olan logo bölgesi piksel sürücü transistörünün gate izolasyon tabakasında derin düzeyde yük tuzaklaması meydana gelir ve doğrudan V_T kayması gerçekleşir (Sambandan and Nathan 2007).

Bu durum, ΔV_T kaymasının temel mekanizmasını oluşturmaktadır. ΔV_T kayması; sıcaklığa, elektriksel bias stres değerine ve zamana bağlı olarak aşağıdaki denklemde belirtildiği gibi değişir (Powell, 1983; Karim et al., 2004; Nathan et al., 2005).

$$\Delta V_T(t) = A(V_{GS} - V_{T(0)})t^\beta \quad (6.11)$$

A ve β ; Sıcaklık parametreleri

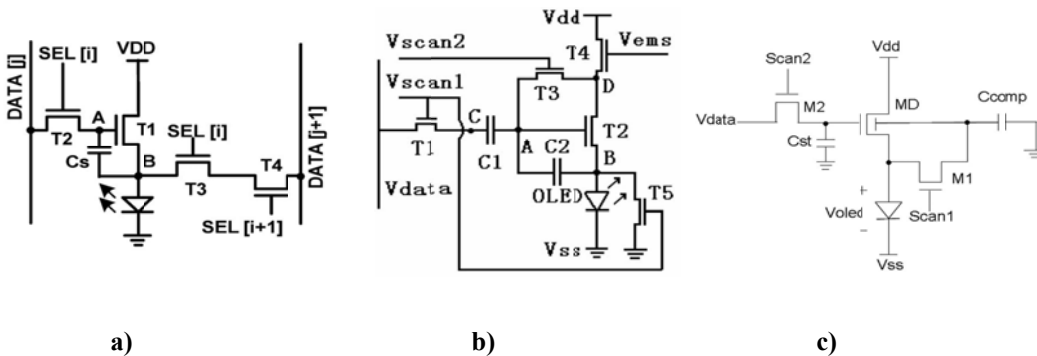
V_{GS} ; Gate bias stres gerilimi

$V_T(0)$; Bias uygulanmadan önce TFT eşik gerilimi(V_T)

t ; Bias stres uygulama süresi

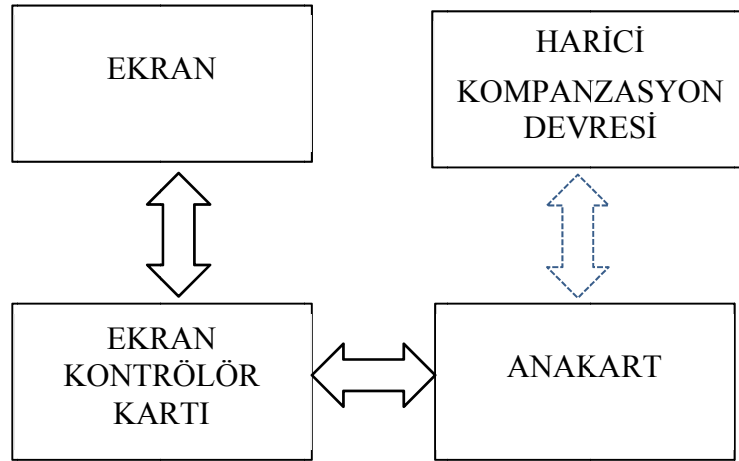
V_T kayması görüldüğü gibi transistörün stabilitesini bozan en önemli parametredir. Bu transistörün çıkış akımı I_D Denklem 6.2'ye göre doğrudan V_T kaymasından etkilenmektedir. OLED lüminesans değişimi ΔL , doğrudan bu sürücü transistörün karakterizasyondaki stabilitesi ile ilgilidir. OLED'in degrade olmasını hızlandıran bu durumu kompanze etmek amacıyla, stabilizasyonu sağlamak amacıyla TFT arka düzlemine ek elektriksel devreler eklenmektedir. a-Si:H TFT, Polikristalize TFT veya IGZO TFT sürücü yapısına bağlı olarak akım veya gerilim programlı birçok kompanzasyon devresi raporlanmıştır. Bu devreler her bir OLED pikselin arka düzleminde yer almaktadır. Dolayısıyla devrenin fiziki olarak kapladığı yerin büyüklüğü ekran maliyetini belirleyen en önemli etkindir. Tüm bu kompanzasyon devreleri sayılı panel üretici firma tarafından TFT arka düzlemine uygulanması zorunludur.

Eğer panel elektronik devresine müdahale edemiyorsak harici kompanzasyon devreleri eklemek gerekir. Yani, paneli her bir pikseline erişim sağlayan elektronik anakart ile panel kontrolör arasında yapmayı hedeflediğimiz algoritmaları çalıştıracığımız ek bir kompanzasyon devresi sağlamak gerekir.

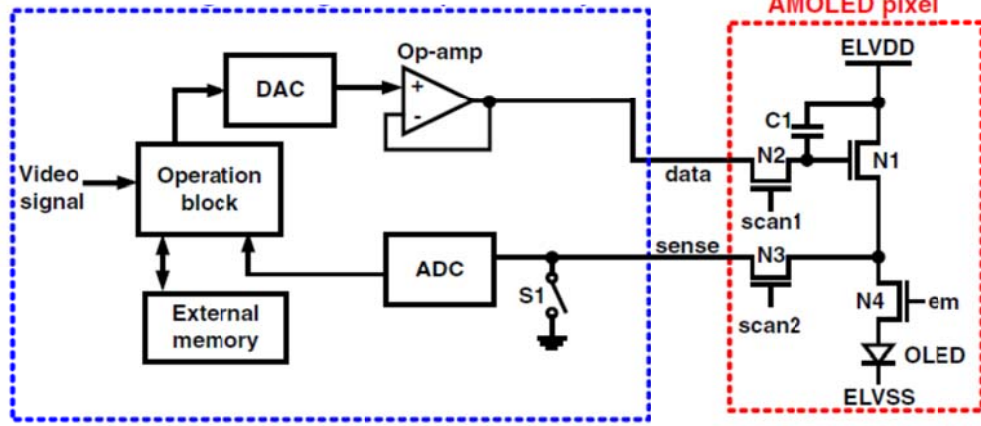


Şekil 6.5. AMOLED Piksel sürücü devre örnekleri.

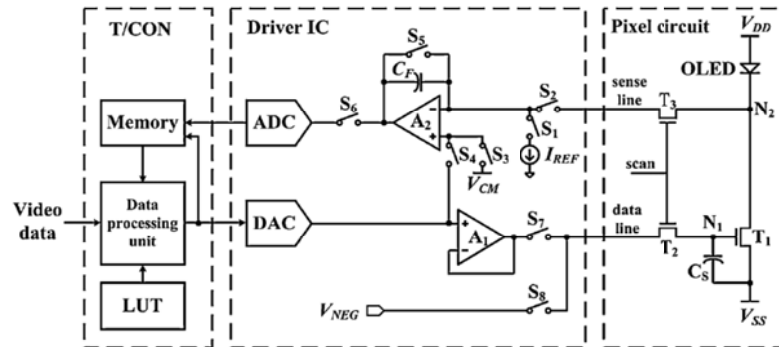
- a) Elektriksel geribeslemeli kompanzasyon devresi (Chaji et al., 2007).
- b) Gerilim programlı piksel devresi (Wu et al., 2011).
- c) Dual-Gate IGZO piksel devresi (Tai et al., 2012).



Eşik Gerilimi Algılama ve Kompanzasyon Devresi



Şekil 6.6. Harici Kompanzasyon blok diyagramı ve devresi (Oh et al., 2012).



Şekil 6.7. Harici kompanzasyon devresi için T/CON ve sürücü entegre devresi (Shin et al, 2011).

6.2 OLED Resim Yapışma Sorunu ve Çözüm Teknikleri

OLED ekran kullanılan TV'nin en kritik kalite sorunlarından birisi resim yapışmasıdır (image sticking).

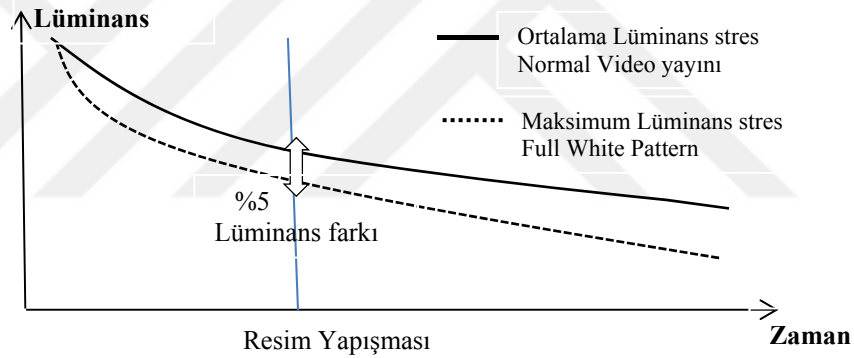


Şekil 6.8. Bir oyun programının 20 saat sonra oluşan resim yapışma sorunu.

Şekil 6.8'de görüldüğü üzere 20 saat kesintisiz oynanan oyunun, ekranda değişmeyen resim bölgesi olan statik menünün bıraktığı iz görülmektedir. Benzer durum, sürekli olarak aynı yayın TV ekranında da gerçekleşmektedir. Uzun bir süre sonrasında bu yayının değişmeyen statik bilgisi olan logo bölgesinde de çok uzun zaman sonrasında iz görülmektedir.

Resim yapışması, Şekil 6.9'da görüldüğü gibi, Lüminans – Zaman grafiğinde ortalama lüminans stres ile maksimum lüminans seviyesindeki farkın %5 olduğu süre olarak tanımlanmaktadır (LG Display Co.Ltd., 2016). Özellikle statik bir resmin ya da video'nun değişmeyen kısmı olan bölgesinde çok uzun zaman sonrasında OLED degradasyonu gözlenmektedir. Bazı panel teknolojilerinde, piksel yanması veya görüntü tutma denilen istenmeyen durumlar oluşabilir. Görüntü tutma, içerik değiştiğinde bile ekranda eski resmin "yapışık" kalmasını ifade eder. Genellikle soluk bir hayalet gibi görünür ve çoğu TV'de bu belirli bir süre sonra kaybolur. Piksel yanması, daha uzun süren görüntü tutma biçimidir ve genellikle görüntü içeriği değişse bile bu etki görülebilir. Bu durumun nedeni olarak, OLED pikseli süren sürücü transistörün gate izolasyonunda meydana gelen derin düzeydeki yük tuzaklamasına bağlı V_T kayması ve buna bağlı olarak I_D sürücü akımda meydana gelen istenmeyen değişimidir. Bu akım değişimi OLED'in parlaklığını doğrudan etkilemektedir. Bu sorun, yassı ekranların ilk

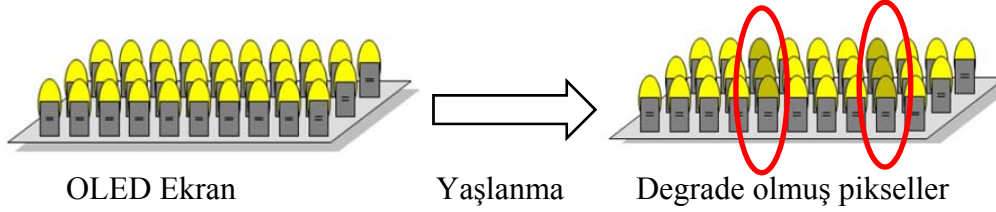
çıktığı dönemlerde benzer bir şekilde plazma ekranlarda logo bölgesinde “piksel yanması” sorunu ile aynı yapıdadır. Bu analogiden yola çıkılırsa, OLED TV’lerin ekran yapışması sorununa kalıcı çözüm bulunamaz ise bu teknolojinin büyük ekran TV uygulaması başarısız olma riski ile karşı karşıya kalacaktır. Temelde OLED’in yapısını bozan bu istenmeyen etki (artifact), kendisini süren sürücü transistörün elektriksel özelliği ile ilgilidir. TFT backplane içerisinde yer alan sürücü transistörün V_{th} kayması, OLED’i süren çıkış akımının kararsızlığına neden olmakta ve bu durum doğrudan OLED’in ışık seviyesini etkilemektedir. Bu durumun çözümüne yönelik çok sayıda çalışma gerçekleştirilmiş ve optimum çözümler panel üreticisi tarafından TFT devresine kompanzasyon devresi olarak eklenmiştir. Ayrıca OLED’i süren sürücü transistörün akım kararlılığı yüksek, mobilitesi yüksek TFT tasarımı OLED degradasyonunu minimize edeceği düşünülmektedir. Panel üretici firmalar, resim yapışması sorununu garanti kapsamına almadıkları için ek önlemler geliştirmek gerekliliği doğmaktadır.



Şekil 6.9. OLED panel resim yapışması eğrisi (LG Display, 2016).

Panel üreticisi olmayan TV üretici firmaları, resim yapışması sorununa ekran TFT devresine müdahale etmeden yazılım algoritmaları ile çözüm önerileri getirmektedirler. Piksel yanması ve resim tutma neredeyse tüm ekranlarda görülebilir. Örneğin, televizyon ekranlarında, statik görüntülerin veya bir defada birkaç saat veya gün boyunca kesintisiz olarak ekranda görüntülenmesi sonucunda oluşur. Bu etkiye maruz kalmış pikseller genellikle maksimum stres altında çalışarak diğer komşu piksellere göre daha hızlı degrade olurlar. Bu statik görüntüler, tam ekran statik görüntü olabilir veya TV kanal logosu veya ekran menüsü gibi statik olmayan görüntülerin statik bölümleri olabilir.

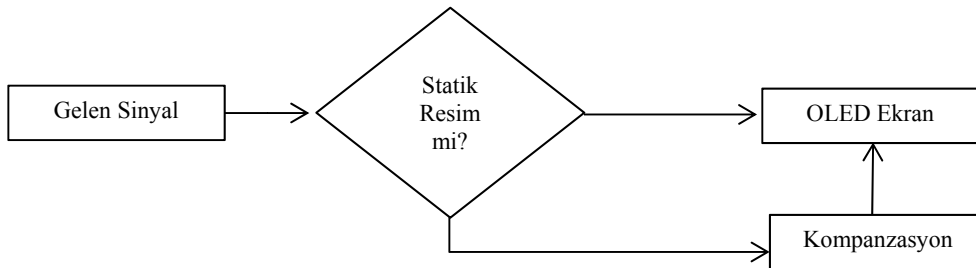
OLED pikselde, yarı statik veya statik görüntüde çok uzun süre çalıştıktan sonra, kontrast, parlaklık ve resimdeki doğal desenlerden dolayı bir parlaklık farkı meydana gelir. Bu parlaklık farkı, her pikselin bozunma farkından kaynaklanır. Statik görüntünün olduğu bölgedeki OLED ve TFT devresinde en yüksek degradasyon gerçekleşir ve diğer komşu piksellere göre parlaklık farkı oluşur.



Şekil 6.10. Çok uzun zaman sonra OLED panelde degrade olmuş pikseller.

OLED, her bir piksel alanı için lüminans degradasyon farkını en aza indirmek için birçok kompanzasyon algoritmaları gerçekleştirilebilir. TV'nin çok uzun süre statik resme maruz kalmaması için farklı içerikli ekran koruma moduna geçmesi veya bekleme moduna alınması en basit çözümlerden birisidir. Bunun yanı sıra resim yapışması sorununu yazılım algoritmaları ile çözmek mümkündür.

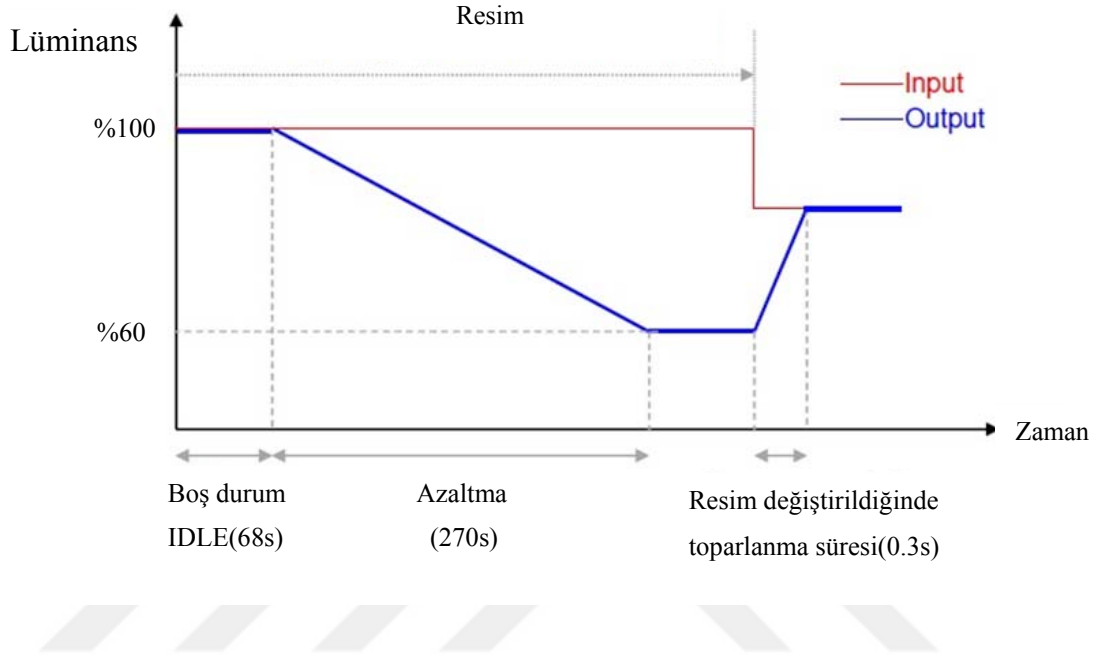
Zamansal Maksimum Lüminans Kontrol Algoritması (Temporal Peak Luminance Control-TPC) ile ekrana basılan resmin statik bir resim olduğunun algılanmasından sonra, ekranın tamamının parlaklık düzeyinin %60 düzeylerine çekilmesi suretiyle OLED pikselin ortalama çalışma ömrü artırılır.



Şekil 6.11. TPC algoritması blok diyagramı.

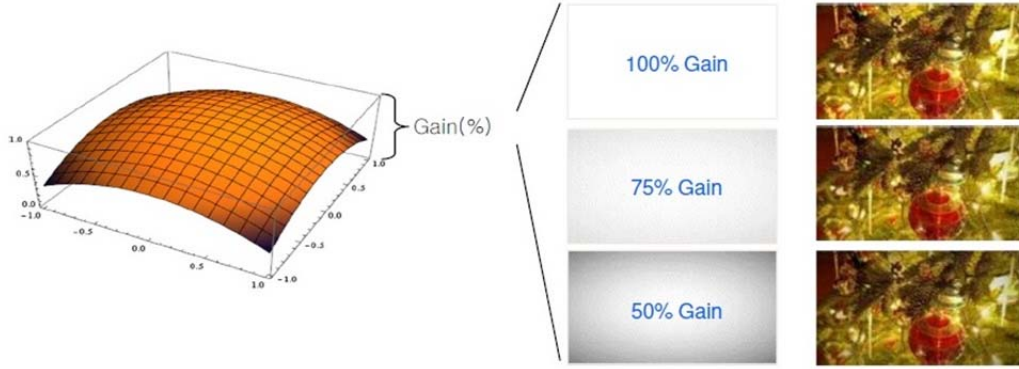
Gelen sinyalin belirli bir süre değişmediği algılandıktan sonra kademeli olarak tüm ekranın parlaklığı kısılır. Bu döngü, izleyicinin algılayacağı düzey

sınırı olan %60 seviyesine kadar devam eder. Gelen sinyalde değişim olması durumunda ise bu algoritma devre dışı bırakılır. Böylelikle OLED pikselin maruz kalacağı maksimum stres azaltılmış olacaktır (LG Corp., 2016).



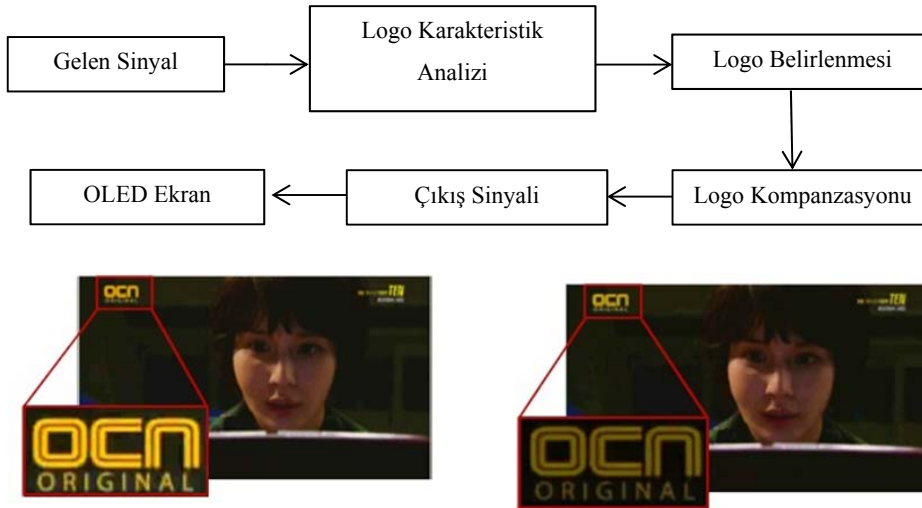
Şekil 6.12. TPC algoritması uygulaması (LG Corp., 2016).

Konveks Güç Tüketimi Kontrol algoritması (Convex Power Consumption Control-CPC) ile ekran piksellere ayrılır ve konveks yapıda köşelerdeki OLED piksellerin sürülme akımını azaltırsak, bir başka deyişle parlaklığını düşürürsek genel resim performansında son kullanıcının fark edebileceği bir algı oluşmayacaktır. Göz; ekranı oluşturacak piksellerdeki çok farklı değişimlere tepki göstermektedir. Ekranın köşelerinde oransal bir güç azaltılması toplam parlaklık düzeyinde fark edilebilecek algı oluşturmaz. Bu algoritma özellikle logo bölgelerinde oluşacak piksel degradasyonları için oldukça etkilidir. Logo'nun ekranın köşelerinde yer aldığını varsayarsak, köşe bölgelerdeki statik resim ile merkez bölgedeki dinamik resmi süren OLED piksellerin ömrü arasındaki fark yakın olacaktır.



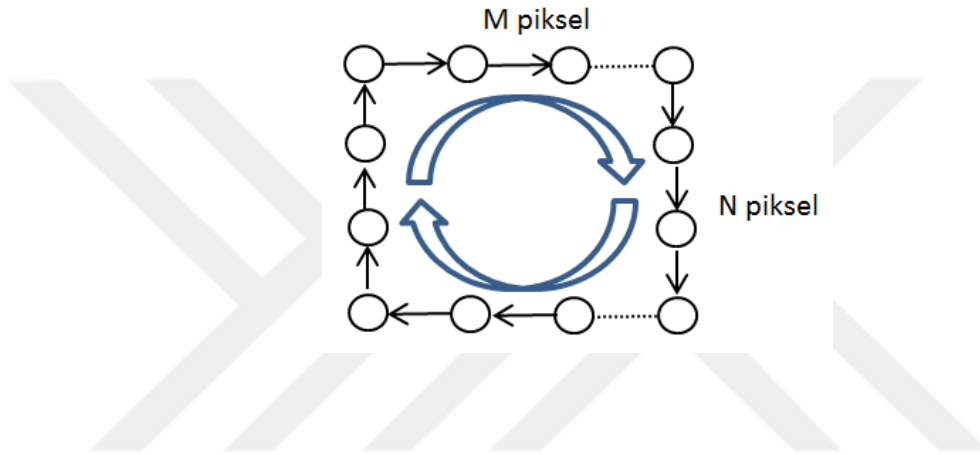
Şekil 6.13. CPC algoritmasının uygulaması (LG Corp., 2016).

Logo Çıkartım Algoritması (Logo Extraction Algorithm-LEA), bilinen en eski ve en etkili çözüm yöntemidir. Özellikle plazma ekranlarında logo bölgelerinde meydana gelen piksel yanma (piksel burning) sorununda kullanılan en etkili yazılım çözümüdür. Aynı algoritma, OLED ekranlar için de kullanılabilir. Temelde ileri düzey görüntü işleme algoritmasıdır. Öncelikle resim ekranda gösterilmeden önce logo bölgesinin belirlendiği bir işlemden geçer. Ardından sadece bu logo bölgesinin yer aldığı alanda piksel kaydırma işlemi veya bu bölgedeki OLED parlaklığının düşürülmesi işlemi gerçekleştirilir.



Şekil 6.14. LEA algoritmasının uygulaması (LG Corp., 2016).

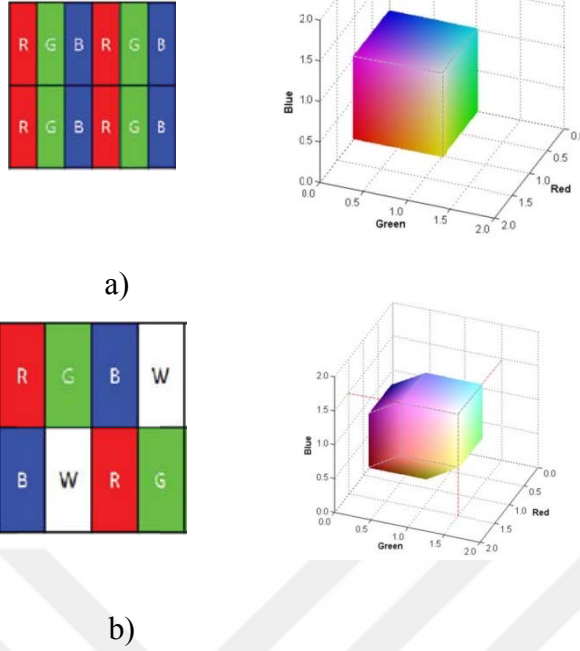
Piksel Kaydırma Algoritmasında (Pixel Orbiting Algorithm), statik veya yarı statik resim belirlendikten sonra bu bölgedeki piksellerin belirli aralıklarla 3-4 piksel sağa, aşağı, sola ve yukarı şekilde orbital hareket sağlanarak bölgenin dinamik resim özelliği kazandırılmaktadır. Temel amaç; statik resim varken OLED sürücü transistördeki derin düzeydeki yük tuzaklamasının oluşmamasını sağlamaktır. Böylelikle logo bölgeleri statik resim olsa bile, arkaplanda orbital piksel hareketi ile tüm resim dinamik özellik kazanmaktadır. Ekranı oluşturan OLED piksellerin herbirinin ortalama ömrü birbirine yakın olacaktır.



Şekil 6.15. Orbital kaydırma algoritması ve uygulaması (LG Corp., 2016).

6.3 RGB-RGBW Dönüştürme Teknikleri

OLED RGB ekranlarda her bir renk elementi ayrı ayrı ışığa yapmaktadır. Ekran çözünürlüğünün artması ile RGB ekranlar için ışık geçirgenlikleri oldukça düşmektedir. Örneğin 4K ekranların 2K ekranlara göre ışık geçirgenliği %21 daha düşmektedir. 8K ekranların 4K ekranlara göre ise %60 daha düşüktür. Işık verimini artırabilmek amacıyla RGB alt piksellerine W alt pikseli eklenmektedir. Birçok ekran uygulamasında RGB alt piksellerine Beyaz (W) alt piksel eklenmesi ile optik geçirgenliği artırabilmek mümkündür. RGBW ekranlarda beyaz ışık veren element ve RGB için renk filtreleri kullanılmaktadır. Renk filtreleri kullanılması ile geçen ışığın 2/3'ünü absorbe edilecektir. W ışık için renk filtresi kullanılmayacağı için toplam ışık geçirgenliği RGB ekranlara göre daha yüksek olacaktır (Kwon ve Kim, 2012).



Şekil 6.16. Alt piksel ve renk uzayı yapısı a) RGB, b) RGBW (Kwon ve Kim,2012).

W alt pikselin eklenmesi ile RGB ekrana göre aynı güç için yaklaşık 1.5 kat daha fazla toplam transmittans elde edilir. Alt Piksel sayısı 1/3 oranında azalmaktadır. RGB ve RGBW görüntülerinin farklı gamutlara sahip olduğu iyi bilinmektedir. Bu nedenle, bir RGB değeri ve buna karşılık gelen RGBW değeri algısal olarak farklı renkler gösterebilir. Çok sayıda farklı RGB-RGBW dönüştürme tekniği kullanılabilir. RGBW Ekranlarda görüntü kalitesi RGB-RGBW dönüşümü ile doğrudan ilişkilidir (Lai ve Tsai, 2007; Kwon ve Kim, 2012; Lee ve Monga, 2014; Wang et al., 2007).

Wang ve diğerleri (Wang et al., 2007) geliştirdiği dönüştürme algoritmasında RGB renk değerini girdi olarak alır ve RGBW değerine eşleştirir. En geleneksel RGB-RGBW dönüşüm algoritmaları üç aşamadan oluşmaktadır. İlk olarak, beyaz piksel değeri giriş R, G ve B değerleri arasındaki minimum ve maksimum yoğunlukların bir fonksiyonu olarak çıkarılır.

$$M = \max(R_i, G_i, B_i) \quad (6.12)$$

$$m = \min(R_i, G_i, B_i) \quad (6.13)$$

Burada R_i, G_i, B_i değerleri RGB renklerinin normalize edilmiş giriş ışık yoğunluklarıdır.

$$\text{Algoritma 1} \quad W_o = m \quad (6.14)$$

$$\text{Algoritma 2} \quad W_o = m^2 \quad (6.15)$$

$$\text{Algoritma 3} \quad W_o = -m^3 + m^2 + m \quad (6.16)$$

$$\text{Algoritma 4} \quad W_o = \begin{cases} \frac{mM}{M-m} & \frac{m}{M} < 0.5 \\ M & \text{Diğer} \end{cases} \quad (6.17)$$

Daha sonra, Piksel kazancı K tarafından elde edilir ve böylece ekran yoğunluğu artırılır.

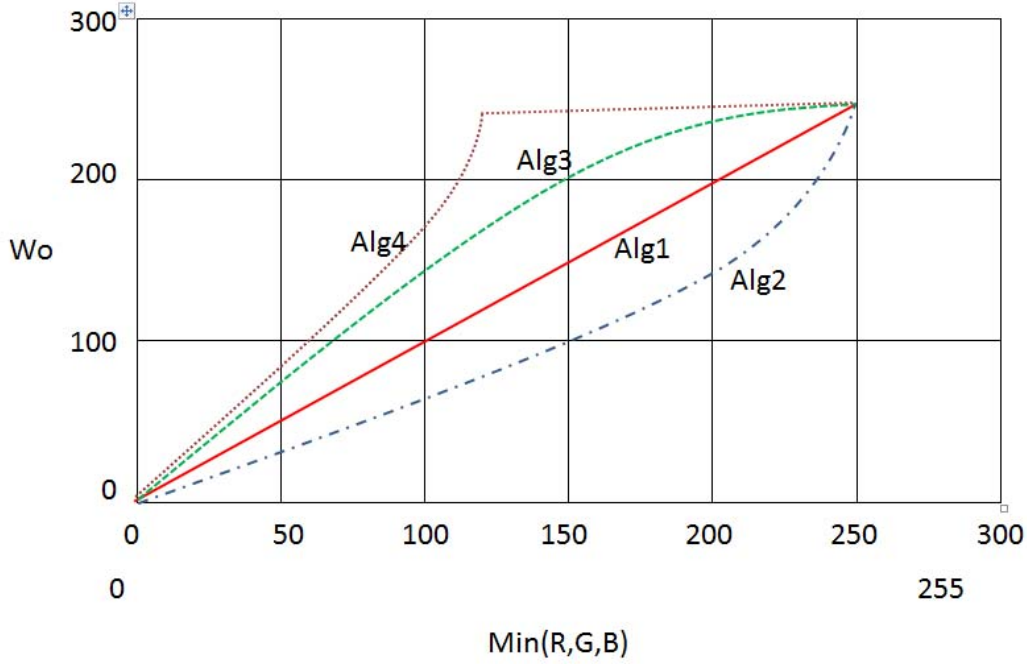
$$K = \frac{W_o + M}{M} \quad (6.18)$$

Son olarak, piksel kazancı girdi değerlerine uygulanır ve daha sonra çıkış RGBW değerleri, aşağıda verilen W değerinin çıkartılması ile üretilir.

$$\begin{bmatrix} R_o \\ G_o \\ B_o \end{bmatrix} = K \times \begin{bmatrix} R_i \\ G_i \\ B_i \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} W_o \\ W_o \\ W_o \end{bmatrix} \quad (6.19)$$

R_o, G_o, B_o, W_o değerleri, RGBW ekran için piksel çıkış değerleridir.

Aşağıdaki şekil, 4 ayrı algoritma için RGB minimal değerlerinin fonksiyonu olarak W_o 'ın artmasını göstermektedir.



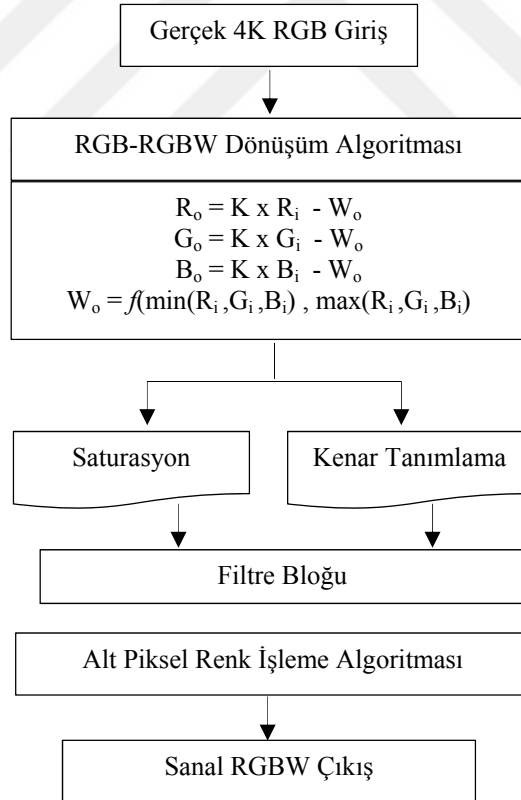
Şekil 6.17. Farklı algoritmalar sonucunda $\min(R,G,B) - W_0$ grafiği (Wang et al.,2007)

Algoritma 1 standart uygulamadır. Algoritma 2, ilk algoritma ile karşılaştırıldığında en yüksek gri seviyesinin olduğu göstermektedir. Algoritma 3 ile daha parlak bir ton elde edilmektedir. Algoritma 4 ile mümkün olan en geniş W bileşen elde edilmektedir. Bununla birlikte (R,G,B) minimum değerinin sıfır olması durumunda bu 4 algoritma için W_0 değeri de sıfırdır ve bunun sonucunda RGBW ekranın lüminansı artırılmaz. Bu durumda her bir RGB sinyaline kazanç faktörü (<1.5) uygulanır.

Mevcut RGB-RGBW dönüştürme yöntemleri, Ton (Hue) ve Doygunluğu(Saturation) koruyarak parlaklığı arttırmayı amaçlanmaktadır. Uygulama kolaylığı açısından avantaj olmakla beraber algılanan renk bozulması yüksektir. Yukarıda belirtilmiş 4 farklı dönüşüm algoritması uygun uygulanması durumunda orjinal RGB algısına kıyasla daha tercih edilir olduğu deneysel olarak gösterilmiştir. Bu deneyde lüminans ve renk değerlerine göre kategorilenmiş farklı resimler üzerine algısal çalışmalar yapılmıştır. Renk değeri düşük resimler için; lüminans değeri renk bilgisine kıyasla daha önemlidir ve algoritma 3 ve algoritma 4 tercih edilebilir olmuştur. Orjinal RGB ekranda en kötü performans gözlenmiştir. Lüminans değeri düşük renk saturasyonu yüksek resimler için; algoritma 1,3 ve 4 tercih edilir olmuştur. Bu durum, renkte herhangi bir kayıp

olmadan lüminansın arttığı kazanç faktörünün sonucudur. Lüminans değeri orta ve renk değeri yüksek resimler için algoritmalar arasındaki farkın çok büyük olmadığı görülmüştür (Wang et al.,2007).

RGB-RGBW dönüşüm işleminde ışık ile kazanımlar olurken renk bozulmasında oluşmaktadır. Dolayısıyla çalışmalar ışık ve renk iyileştirmesi birlikte yürütülür. Li et al. OLED ekranlar için yeni bir alt piksel renk işleme (render) algoritması uygulamıştır. Önerilen yöntemin 2 amacı vardır. RGB-RGBW dönüşümünden sonra mümkün olduğunca renk bozulmasını azaltmak ve ışık yoğunluğunu artırmaktır. Diğeri ise görülebilir çözünürlüğü artırmaktır. Önerilen yöntem RGB-RGBW dönüşümü ve alt piksel renderleme olmak üzere 2 adımdan oluşmaktadır. İlk aşamada, RGB sinyalleri kazanç faktörü uygulayarak RGBW sinyali elde edilir. Son aşamada ise piksel kenar bilgileri ve saturasyon detayları analiz edilir ve uygun filtre bloğundan geçirilerek sanal 4K RGBW çıkışları elde edilir. Sistemin akış diyagramı aşağıda verilmiştir.



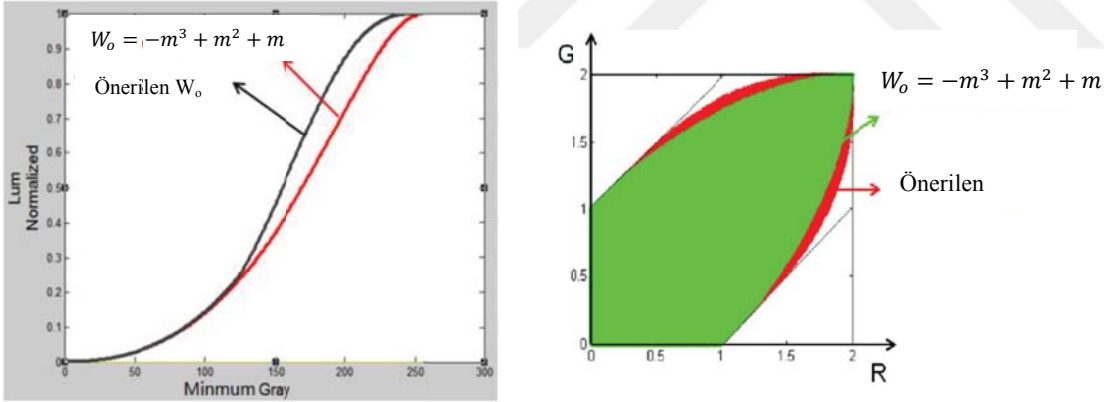
Şekil 6.18. Sanal 4k RGBW dönüşüm algoritması (Li et al., 2007).

Referans RGB-GBW Dönüşüm algoritmaları denklem seti 6.20’de verilmiştir (Wang et al., 2007).

$$\left\{ \begin{array}{l} R_o = K \times R_i - W_o \\ G_o = K \times G_i - W_o \\ B_o = K \times B_i - W_o \\ K = 1 + W_o / \max(R_i, G_i, B_i) \\ W_o = f(\min(R_i, G_i, B_i), \max(R_i, G_i, B_i)) \end{array} \right. \quad (6.20)$$

$$W_o = k_1 \times \min^5 + k_2 \times \min^4 + k_3 \times \min^3 + k_4 \times \min^2 + k_5 \times \min + k_6 \quad (6.21)$$

Denklem 6.21’de RGB-GBW algoritmasının geliştirilmiş yöntemi önerilmiştir. Denklem 6.20’de verilen eşitlik ile istenilen uygun W_o değeri elde edilemediği ve Denklem 6.21 ile daha yüksek verim W_o elde edildiği belirtilmiştir. Önerilen bu yöntem ile daha yüksek verimli sanal çözünürlüklü RGBW ekran elde edilebilmektedir.



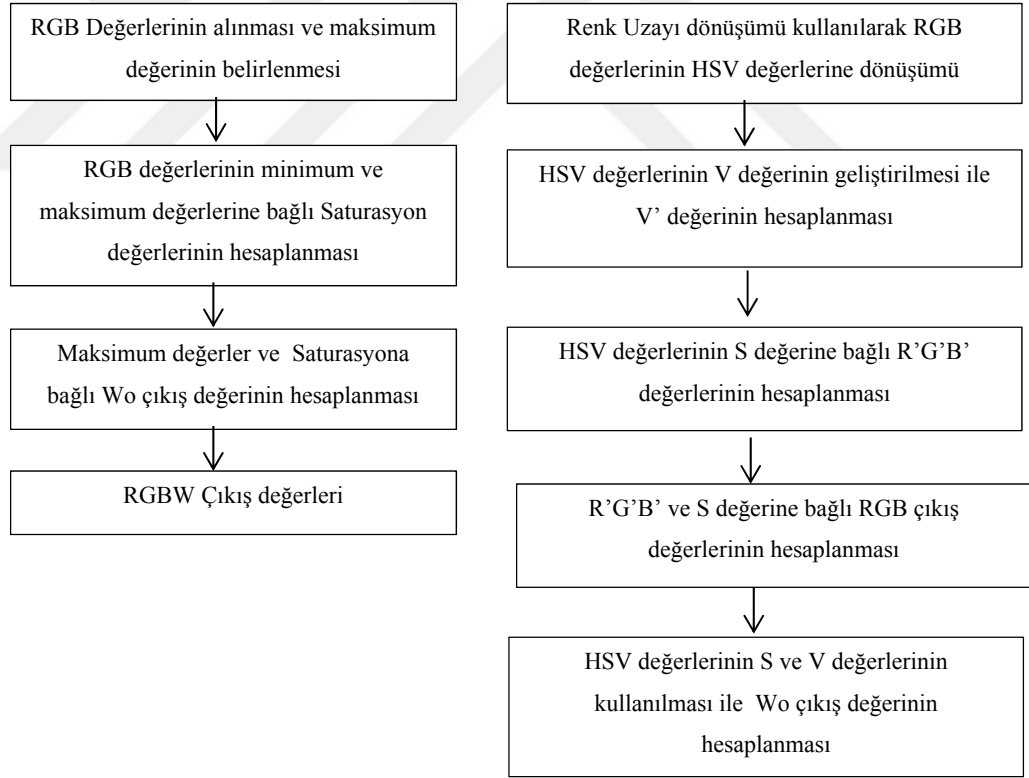
Şekil 6.19. Referans dönüştürme algoritması ile önerilen dönüşüm algoritmasının karşılaştırmalı W_o lüminans değişim grafiği (Li et al., 2007).

Altpiksel Renk İşleme(Renderleme) bloğunda, düşük çözünürlüklü ekranın yüksek çözünürlüğe yükseltilirken uygulanan uygun olmayan yöntemlerden dolayı yüksek frekans bileşenli bilginin kaybolduğu ve genel resim kalitesinde bozulmalar olduğu bilinmektedir. Önerilen yöntem ile alt piksel renderleme aşağıdaki 3 adımda gerçekleştirilir.

- 3x3 Sobel operatörü ile orjinal RGB resimdeki piksellerin kenarları belirlenir
- Orjinal RGB resminin saturasyon değerine karar verilir
- Saturasyon durumlarına göre uygun filtreler kullanılarak sanal RGBW çıkışları elde edilir.

Bu yöntem ile lüminans aralığı genişletilmiş, ışık yoğunluğu artırılmış ve kullanılan altpiksel renk işleme tekniği ile düşük çözünürlüklü ekranların sanal çözünürlüğü artırılarak ekran görüntü kalitesi artırılmıştır.

Samsung firmasının RGB den RGBW renk çıkarımı yöntem ve sistem tanımının yapıldığı patentinde (US008049763B2), RGB ve saturasyon değerinden RGBW değerlerini elde edilmesi ve girişin saf renk olması durumunda çıkışın alınmasına dayanmaktadır. RGB değerleri renk uzayı dönüşümü ile HSV değerlerine dönüştürülerek beyaz rengin çıkış değeri elde edilir.



Şekil 6.20. RGB-RGBW dönüşüm algoritması ve saturasyon değerine bağlı renk kalitesinin geliştirilmesi algoritması (USOO8049763B2).

Burada saf renk; RGB giriş değerlerinden en az birisinin 0 değerini ve diğer girişlerden en az birisinin maksimum değerini alması anlamına gelmektedir (8 bit renk için 255) yani (0,0,255) veya (0,255,255) olabilir. Yöntem; RGB giriş sinyalinin RGBW çıkış sinyaline dönüşüm prosesinde RGB giriş değerlerinin maksimum değerine bağlı olarak W_o çıkış değerinin artması ve giriş renklerinin saturasyonunun azalması prensibine dayanmaktadır. Ayrıca bu yöntem ile temel renklerin ışık oranının azalmasına bağlı resim kalite problemlerine çözüm getirmektedir. Bu yöntemde renk kalitesi Beyazdan-Saf Renklerin eklenmesi suretiyle saturasyon çıkış değeri artmaktadır. İlk olarak RGB değerleri lineerleştirilir. RGB giriş değerlerinin minimum ve maksimum değerleri belirlenir. Ardından RGB giriş değerlerinin minimum ve maksimum değerlerinden saturasyon hesaplanır. Saturasyon rengin saflığı ile ilgili bir ölçüdür. Saturasyonun düşük olması rengin daha gri olması anlamına gelir. Saturasyon sıfır ise gri tonlarında renk görülür. Saturasyon aşağıdaki formül ile hesaplanabilir.

$$S = \frac{\{Max(R_{in}, G_{in}, B_{in}) - Min(R_{in}, G_{in}, B_{in})\}}{Max(R_{in}, G_{in}, B_{in})} \quad (6.22)$$

Saturasyon ve maksimum RGB çıkış değerlerinden W_o beyaz çıkış değeri hesaplanır. Aşağıdaki denklemler ile W_o değeri hesaplanabilir.

$$\left\{ \begin{array}{l} R_{out} = R_{in} \\ G_{out} = G_{in} \\ B_{out} = B_{in} \\ W_{out} = \{(1 - S)(1 - \alpha) + \alpha\} \times Max(R_{in}, G_{in}, B_{in}) \end{array} \right\} \quad (6.23)$$

α değeri 0 ile 1 arasında bir değerdir. RGB-RGBW renk dekompozisyon sistemi α değerinin katılması ile kontrol edilebilmektedir. Son olarak RGB değerlerinin çıkış değerine ekran gamma düzeltmesi uygulanır. Bu yöntem ile renk kalitesinin yükseltilmesi için renk uzay dönüşümü kullanılarak RGB bilgisi HSV (Hue Saturation Value) renk uzayının dönüştürülme işlemi gerçekleştirilir. Bu değerler kullanılarak RGB çıkışı hesaplanır. Aynı şekilde HSV değerinin H ve S değerleri kullanılarak W_o çıkış değeri hesaplanır.

$$H = \begin{cases} 60 \times \frac{G-B}{Max-Min} + 0 & \text{Eğer } Max = R \text{ ve } G \geq B \\ 60 \times \frac{G-B}{Max-Min} + 360 & \text{Eğer } Max = R \text{ ve } G < B \\ 60 \times \frac{B-R}{Max-Min} + 120 & \text{Eğer } Max = G \\ 60 \times \frac{R-G}{Max-Min} + 240 & \text{Eğer } Max = B \\ S = \begin{cases} 0 & \text{Eğer } Max = 0 \\ 1 - \frac{Min}{Max} & \text{Diğer} \end{cases} & V = Max \end{cases} \quad (6.24)$$

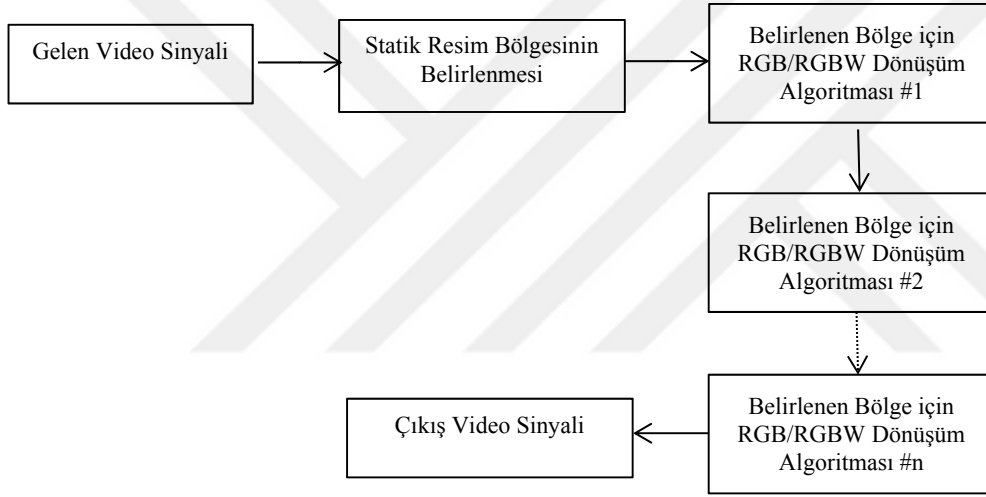
Bu denklemde, H; Ton, renk özü(Hue), Max; RGB değerinin maksimum değeri, Min;RGB değerinin minimum değeri, R,G,B; kırmızı, yeşil ve mavi değerlerini, S; Doygunluk(saturasyon), V; Değer(Value) rengin aydınlığını yani içindeki beyaz oranını ifade eder.

Sonuç olarak; farklı amaçlar için çok sayıda renk uzayı tanımı yapılmıştır ve farklı dönüşüm algoritmaları uygulanabilir. W eklenerek oluşturulan RGB-RGBW dönüşümünde renk kaymasını uygulanan piksel renk işleme algoritmaları ile kompanze edilmektedir. En sık kullanılan renk işleme yöntemleri Matriks anahtarlama, LIQUID (Eşit parlaklık düzleminde lineer interpolasyon) ve 3D-LUT(3 boyutlu aramalı tablo) olarak literatürde yer almaktadır (Chen et al., 2009).

6.4 OLED Resim Yapışma Sorunu Çözüm Önerisi

Modern OLED ekranlarda piksel yapısı RGB 3 alt piksel yerine beyaz alt piksel eklenerek RGBW alt piksel yapısı kullanılmaktadır. Böylece daha yüksek bir ışık verimi elde edilmektedir. Genellikle görüntü verileri yalnızca görüntüleme aygıtının her pikseli için RGB verileri (kırmızı, yeşil, mavi) olarak verilir. Dolayısıyla, görüntü cihazının RGBW piksellerini orijinal RGB verilerine veya görüntü içeriğine dayandırmak için RGB verisinin RGBW görüntü verilerine dönüştürülmesi gerekir. RGB verisine beyaz eklemek belirli renklerin algoritmik karışımını basitleştirmenin bir yoludur. Ekran ışık seviyesi beyaz eklenmesi ile artırılmasına rağmen renk kayması görülmektedir. Renk kayması için ayrıca renk işleme algoritması çalıştırmak gerekir.

Tüm bu farklı algoritmalarda aynı renge karşılık farklı RGBW değerleri vardır. Eğer ekranın bütününde uygulanan RGB/RGBW dönüşümünü, sadece statik resmin olduğu bölgede farklı RGBW değerleri elde edeceğimiz alternatif dönüşüm yöntemleri uygulayabilirsek, bu bölge için sürekli değişen bir resim yapısı elde etmiş olabiliriz. Şekil 6.21’de sadece statik resmin yer aldığı logo bölgesi için, farklı RGBW algoritmalarına geçişler yapılarak çalışan ve RGBW değerleri sürekli değişen proses önerilmektedir. Dolayısıyla ekrandaki statik resim bölgesindeki sürücü transistörün gate biaslaması hiçbir zaman sabit olmayacağı için gate izolasyon katmanında derin düzeyde tuzaklama görülmeyecek ve V_T kayması resim yapışması sorununu oluşturmayacağı öngörülmektedir. Kullanılacak algoritma aşağıda verilmiştir.



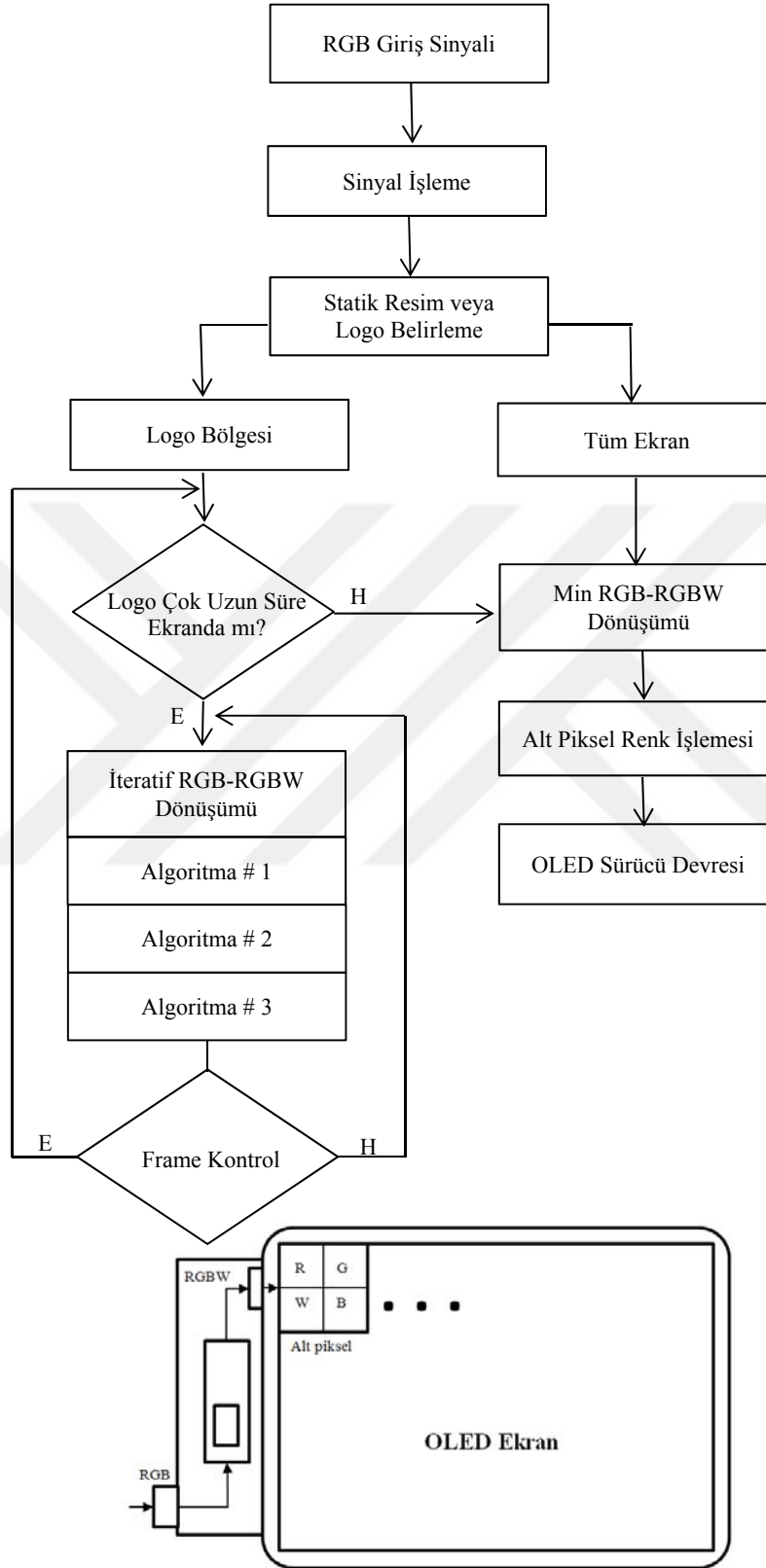
Şekil 6.21. Büyük ebat OLED resim yapışması önleyici RGB/RGBW dönüşüm algoritması.

RGBW ekran için gelen yayın standardı RGB formatında olup ekranın tamamı için RGBW dönüşümü ile ekrana verilir. Çok uzun zaman sonrasında RGBW formatında logo bölgesi statik resim olarak algılanır. Artık bu aşamadan sonra ekranın tümüne farklı RGBW algoritmaları uygulanmasına gerek olmadan, sadece logo bölgesine farklı RGB/RGBW dönüşüm algoritmaları uygulanarak resim yapışması sorunu çözülebilir. Önerilen yöntemde, görüntü cihazında görüntünün yapışmasını önlemek için RGB verisinden RGBW resim verilerine dönüşüm üzerine odaklanmaktadır. RGB verisinin RGBW görüntü verisine dönüştürülmesi için çeşitli farklı dönüşüm algoritmaları kullanılabilir. Her dönüşüm algoritması, benzer ancak biraz farklı dönüşüm sonuçları sağlayacaktır. Bu, tek bir RGB pikselinin farklı dönüşüm algoritmaları ile biraz farklı RGBW

piksellerine dönüştürülebileceği anlamına gelir. Bununla birlikte, kullanıcılar, farklı algoritmaların dönüşüm sonuçları arasında fark olmadığını veya neredeyse hiç fark etmeyeceklerdir. Ekranda görüntüyü izleyen kullanıcılar tarafından herhangi bir varyasyon algılanmayacak olmasına rağmen, görüntüleme aygıtının tek pikselleri veya alt pikselleri değişen kontrol sinyalleriyle kalıcı olarak sürüleceği anlamına gelir. Bu nedenle, ekranda statik bir içerik olsa bile, tek piksellerin statik kontrolü yapılmasına gerek kalmadan OLED ekranın resim yapışma oluşma eğilimi azalacaktır. Statik görüntü içeriğinin veya statik olmayan görüntü içeriğinin olduğu alanlar belirlenir ve RGB görüntü içeriği analiz edilir. RGB verisi önceden belirlenmiş bir birinci dönüştürme algoritması ile RGBW resim verilerine dönüştürülür.

Farklı RGB-RGBW dönüşüm algoritmaları farklı hesaplama maliyetlerine sahip olabilir. Ekrandaki statik olmayan görüntünün RGB içeriğinin RGBW verisine dönüştürmek daha verimli ve düşük maliyetli olabilir. Ancak, statik görüntünün olduğu alanın belirlenmesi ve bu alan içerisinde farklı RGB-RGBW dönüşüm algoritmalarını belirli bir değişen döngü ile uygulanması daha yüksek hesaplama maliyeti sonucunu doğuracaktır. Hesaplama maliyeti açısından bakıldığında sadece gerektiğinde farklı RGB-RGBW dönüşüm algoritmalarını uygulamak daha etkin olacaktır. Başka farklı RGB-RGBW dönüşüm algoritmaları, bu alternasyonda kullanılabilir. Cihaz tarafından her resim yenilenme süresi içerisinde bahsedilen farklı RGB-RGBW algortimaları en az 2 en fazla 4 olacak şekilde belirli bir alternasyonda uygulanabilir. Her bir yenileme için başka bir RGB-RGBW dönüşüm algoritması kullanıldığı varsayarsak, ekran karşısındaki kullanıcılar, dönüştürme işlemindeki bu gibi hızlı değişiklikleri algılayamazlar. Kullanıcılar, yalnızca görüntüleme aygıtında bir tür ortalama görüntüyü algılayacaklardır. Bu algoritmada alternasyon önemli rol oynamaktadır. RGB-RGBW dönüşüm algoritmalarının bir döngü içerisinde değişerek farklı dönüşüm algoritmalarının uygulanması alt piksellerde sürekli bir gerilim değişimine neden olacaktır. Resim yapışması veya piksel yanması, statik içeriğin görüntülenmesinden kısa süreler içerisinde gerçekleşmez. Bunun yerine, statik içeriğin görüntülenmesinden saatlerce sonra görüntünün yapışması veya yanması meydana gelecektir. Bu nedenle, RGB-RGBW dönüşüm algoritmalarına sürekli geçiş yapmak yerine, ekranın özellikleri dikkate alınabilir ve RGB'den RGBW'ye

dönüşüm algoritmaları arasında geçiş yapmak için önceden belirlenmiş bir süre belirtilebilir.



Şekil 6.22. Önerilen RGB-RGBW dönüşümü algoritması(EP17174907.0)

7. GÜVENİLİRLİK ANALİZLERİ

Güvenilirlik, bir cihazın veya bu cihazı oluşturan alt sistem modüllerinin; belirli çalışma koşulları altında belirli bir süre için görevini yerine getirebilme olasılığı olarak tanımlanabilir (Mil-HDBK-217F, Mil-HDBK-338B, Birolini A., 1999).

Bu bölümde 65” OLED TV prototip ürün için test planlaması gerçekleştirilecektir. Ürünün toplam ömrünün baskın bileşeni olan güç kartının ortalama ömrü (MTBF - Mean Time Between Failure) deneysel test sonuçlarının Mil-HDBK-217F standardına göre Lamda Predict yazılım aracı kullanılarak hesaplanacaktır. Ayrıca OLED TV’nin pazardan geri dönüş oranını azaltacak ve güvenilirlik düzeyini artıracak önlemler önerilmektedir.

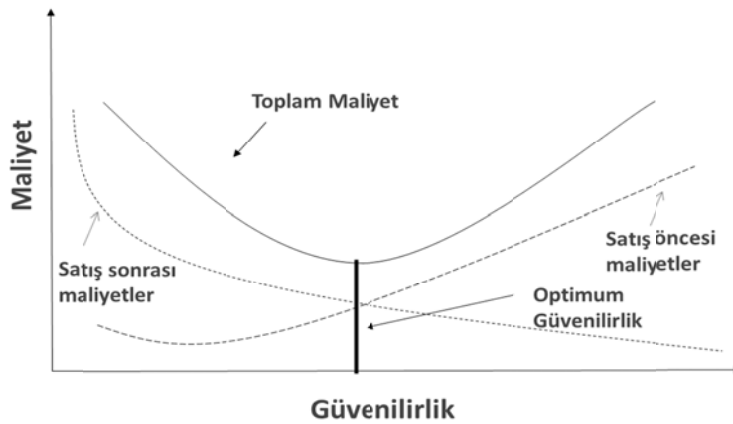
7.1 Güvenilirlik Testleri ve Analizleri

Güvenilirlik testleri; özel cihazlar, iklimatik odalar ve istatistiksel veriler kullanılarak yapılan ve bir dizi bilimsel yöntem gerektiren testlerdir. Güvenilirlik testlerinde amaç; ürünün yalnızca normal çalışma şartlarındaki durumunu değil, en kötü çalışma koşullarındaki ve maksimum stres seviyesine kadar olan durumunu da analiz etmektir. Elektronik tasarım süreci ve geliştirilmesi açısından bu zorlayıcı koşullar altında elde edilen veriler önem taşımaktadır. Bu veriler ayrıca tasarım kalite derecesini de gösterir.

Güvenilirlik testlerinin bir metot, program dahilinde uygulanması gerekmektedir. Yöntemi olmayan test programlarından, istatistiksel ve bilimsel çıktılar elde edilemez. Bu testler özel laboratuvar koşullarında gerçekleştirilir fakat saha testlerinde alınan veriler de analiz için gereklidir. Bu anlamda tasarım seviyesinde güvenilirlik mühendisliği saha verileri ile testler ve tahmin metotlarını birleştiren geniş kapsamlı bir mühendislik alanıdır.

Güvenilirlik testleri; bileşen seviyesi testler ve sistem seviyesi testler olarak iki aşamada gerçekleştirilir. Bileşen testleri, sistem içerisinde daha net ve hassas durumları inceler. Sistem testleri ise, bileşenlerin birbiri ile etkileşiminden doğan

fonksiyonel bir yapıyı inceler. Sistem testinin planlanması bileşen testinden kolay ve kısa sürelidir; karar ölçütü daha somut çıktılarına dayanır (çalışıyor, arızalı, performans kötü, performans yetersiz gibi). Sistem, bir anakart üzerinde sığaçlar (elektrolitik, MKP, SMD vb.), diyotlar, dirençler (film, karbon, metal glaze dirençler vb.), transistörler (anahtarlama, güç vb.), entegre devreler gibi bileşenlerden oluşur. Bileşenlerden oluşan elektronik kartların, beklenen fonksiyonları gerçekleştirip gerçekleştirmediğini anlayabilmek amacıyla sistem seviyesinde performans testleri yapılır. Gerçekleştirilecek güvenilirlik testleri ile sistem üzerindeki bu bileşenlerin laboratuvar koşullarında (veya herhangi bir stres altındaki çalışma koşulunda), istenilen ve belirlenen değerlerin sağlanıp sağlanmadığı bilgisini veren testler bileşen seviyesi testlerdir. Bu bileşen seviyesi testler daha karmaşıktır ve daha hassas, özel ölçümler alınmasını gerektirir. Bu iki aşamalı testler bir bütündür ve analizi ortak yapılmalıdır. Sadece bileşenler seviyesinde testler güvenilirlik analizi için yetersizdir. Ancak testlerin de bir maliyeti olduğunu düşünürsek ve tasarımın doğru zamanda üretimine geçmesini sağlamak için optimum bir düzeyde gerçekleştirmek gerekir. Güvenilirlik ile maliyet arasındaki ilişki Şekil 7.1’de verilmektedir. Grafikten optimum güvenilirlik düzeyini yakalamanın, toplam maliyeti en aza indirmek olduğu görülmektedir; güvenilirlik arttıkça tasarım ve geliştirme maliyeti artmaktadır. Çünkü daha iyi kalitede bileşen kullanımı, üretim, kontrol ve test süreçlerinin yakından takibi ve daha uzun zaman gerektirir. Olumlu tarafı ise, bakım ve tamir maliyetlerinin düşmesidir. Güvenilirlik testleri optimum maliyet dengesini korumayı hedeflemektedir (Nil ve Baylakoğlu, 2006).



Şekil 7.1. Güvenilirlik-Maliyet grafiği (Hnatek, 2003).

Gerçekleştirilen güvenilirlik testleri ile tasarımın eksik ve zayıf yönleri tespit edilebilir, seri üretim öncesi bu hataları engelleyici önlemler alınabilir. Güvenilirlik testleri, üç aşamada gerçekleştirilir:

İlk aşama, güvenilirlik ve tasarım geliştirme testleridir. Bunlar, tasarımın en başında çalışır. Elektronik anakart düzeyinde gerçekleştirilen çevresel ve elektriksel testler; doğrulama testlerini, hızlandırılmış uzun ömür testlerini, bileşenlerin zayıf nokta analizi testlerini ve yaşlandırma testlerini içerir. İstatiksel veri toplanabilecek sayıda örnek üzerinde bu testler gerçekleştirilir.

İkinci aşama, tasarım güvenilirlik doğrulama ve yeterlilik testleridir. Bunlar ürünün seri üretime geçmeden belirlenen çevre koşullarında, istenen performansları gerçekleştirip gerçekleştirmediğini belirlemek için yapılır. Seri üretim öncesi testler, çevresel testler, fonksiyon testleri, çevresel stres ekran testleri ESS (Enviromental Stress Screening), güvenilirlik doğrulama testleri ve uyum testleri gerçekleştirilir.

Üçüncü aşama ise, kalite güvence güvenilirlik testleridir. Bunlar, giriş ve çıkış kalite bölümlerince üretime bağlı bir oranla örnekler üzerinde bileşen düzeyinde, anakart seviye veya sistem seviye testleridir.

Güvenilirlik açısından en önemli faktör ürünün hangi sıklıkta hata verdiğidir. Bu hataların arasındaki ortalama zaman, belirlenen stres durumlarında istenen sürede çalıştırılması ile ortaya çıkan ve birbirini izleyen hatalar arasında geçen sürenin ortalamasının hesaplanması ile tespit edilir.

Optimum test süreleri, tasarımın istenilen sürede üretime geçmesi için önemlidir. Testlerin gereğinden uzun olması güvenilirlik düzeyini artırsa bile, ürünün pazara konma süresini artıracığından ticari kayıplar oluşacaktır. Bu amaçla hızlı ve dinamik olmak için hızlandırılmış ömür testleri uygulanır. Ürünün normal kullanım koşullarında maruz kaldığı stres faktörü seviyesini arttırarak hata yapma süresini kısaltmak mümkündür. Sıcaklık, nem, elektriksel stres, mekanik stres seviyelerini Arrhenius eşitliği olarak bilinen 7.1'deki denklem ile ömür analizleri gerçekleştirilebilir.

$$AF = e^{-\left(\frac{E_a}{K}\right)\left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}\right)} \quad (7.1)$$

AF: Hızlandırma Faktörü,

Ea: Aktivasyon Enerjisi,

K: Boltzman Sabiti=8.617x10⁻⁵ eV/K,

T1:Test Sıcaklığı(°K), T2: Kullanım Sıcaklığı(°K),

Elektronik bileşenlerin ömür bilgileri genellikle üretici firma tarafından verilmektedir. Ancak, her zaman üretici bilgi formunda ömür bilgisi yer almayabilir. Bu durumda doğru analiz yapabilmek için laboratuvar koşullarında ömür analizi yapılabilir. Yüksek akım taşıyan diyot, transistör gibi güç elemanları ile elektrolitik kapasiteler kritik komponentlerdir. Örneğin, bir elektrolitik kapasitörün ömrü, iç sıcaklıklarının değişimine göre belirlenir. İç sıcaklığı; çalışma sıcaklığı, gerilim stres değeri, frekans ve ripple akıma bağlı olarak değişir. Çalışma sıcaklığı, ortam sıcaklığına ve ripple akım değerine bağlı olarak ömrü etkileyen en önemli parametredir. Dalgalanma (Ripple) akımı, ömrü olumsuz yönde etkileyen bir diğer parametredir. Dalgalanma akımı, ESR (Equivalent Serial Resistance) ve Tanδ bağlı olarak ısı üretir (K_{ripple}). Çalışma gerilimi elektrolitik kapasitenin ömründe genelde etkin bir parametre değildir. Frekans, ömrü etkileyen önemli parametrelerdendir. Elektrolitik kapasitörlerin ömür hesapları aşağıdaki bağıntı ile bulunur.

$$L_x = L \cdot K_{temp} \cdot K_{voltage} \cdot K_{ripple} \quad (7.2)$$

L_x= Hesaplanan Ömür, L=Nominal Ömür (Komponent Bilgi Formu)

K_{Temp}=Sıcaklık Faktörü, K_{voltage}=Gerilim Faktörü (Yaklaşık 1)

K_{ripple}= Dalgalanma Akım Faktörü

$$K_{temp} = 2^{\frac{T_0 - T_x}{10}} \quad (7.3)$$

T₀ = Max. Nominal Sıcaklık, T_x = Çalışma Sıcaklığı

$$K_{ripple} = 2^{\left(\frac{\Delta T_0 - \Delta T}{10}\right)} \quad (7.4)$$

$$\Delta T = \frac{I_{ripple}^2 R_{ESR}}{A \cdot \beta} \quad (7.5)$$

ΔT₀= Max. ripple akımda ısı artışı

ΔT = Gerçek ripple akımda ısı artışı

I_{ripple} = Kapasitörün Ripple akımı

R_{ESR} = Eşdeğer seri direnç

A = Elektrolitik kapasitörün yüzey alanı

β = Isı yayılım faktörü ($0,0023.A^{-0,2} (W/cm^2 \cdot ^\circ C)$)

Buradan kapasitörün ömrü,

$$L_x = L \cdot 2^{\frac{T_0 - T_x}{10}} \cdot 2^{\left(\frac{\Delta T_0 - \Delta T}{10}\right)} \quad (7.6)$$

$$L_x = L \cdot 2^{\frac{T_0 - T_x}{10}} \cdot 2^{\left[1 - \left(\frac{I_{ripple}}{I_{ratedripple}}\right)^2\right] \cdot \frac{\Delta T_0}{10}} \quad (7.7)$$

bağıntısı ile bulunur.

Çizelge 7.1 Kapasitenin yüzey sıcaklığındaki artışının ömrüne olan etkisi.

	T_o	$\Delta T = 2^\circ C$		$\Delta T = 5^\circ C$		$\Delta T = 10^\circ C$		$\Delta T = 15^\circ C$	
		MTBF	FR	MTBF	FR	MTBF	FR	MTBF	FR
4700uF 400V	105 °C	445722	2,24	362039	2,76	256000	3,91	181019	5,52
0.1uF 63 V	105 °C	445722	2,24	362039	2,76	256000	3,91	181019	5,52
10 uF 16V	85 °C	111430	8,97	90510	11,05	64000	15,63	45255	22,10
	105 °C	445722	2,24	362039	2,76	256000	3,91	181019	5,52

MTBF(Saat) FR(Failure Rate) per million

7.2 OLED TV Güvenilirlik Hesaplaması

65'' OLED TV'nin güvenilirlik ömür hesaplaması için parça sayımı güvenilirlik tahmini kullanılmıştır. Sistem aşağıdaki 3 ana bileşenden oluşmaktadır.

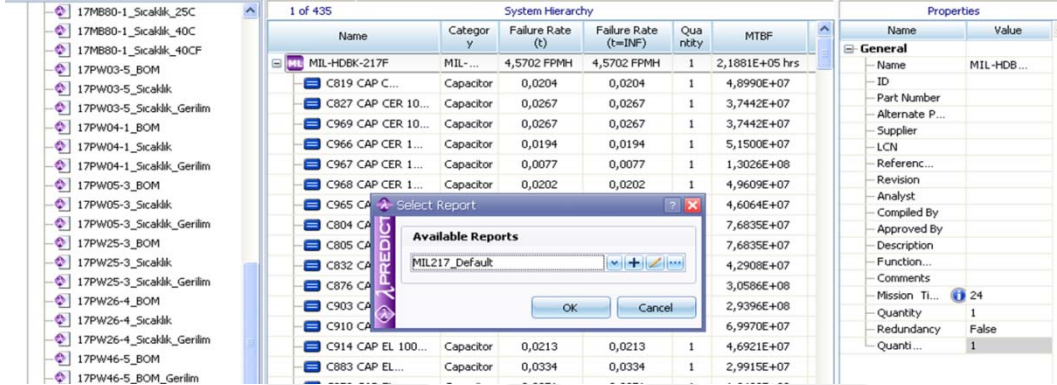
- OLED Ekran (λ_1)
- Anakart (λ_2)
- Güç kartı (λ_3)

Bu 3 sistem bileşenin hata oranları toplamı sistem hata oranını ve tersi ortalama ömrünü verecektir.

$$\lambda_{\text{sis}} = \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 \quad (7.8)$$

$$\text{MTBF}_{\text{sis}} = \frac{1}{\lambda_{\text{sis}}} \quad (7.9)$$

Burada kritik hesaplama güç kartı için olacaktır. Yüksek akım geçmesinden dolayı potansiyel arıza bu kart üzerinde olacaktır. OLED panel ömrü üretici firma tarafından hesaplamalarda doğrudan kullanılacaktır. Anakartın üzerindeki elektronik bileşenlerde katastrofik arıza olasılığı düşüktür.



Şekil 7.2. Güvenilirlik hesaplama yazılımı

Yukarıda OLED TV'nin güç kartı üzerindeki 766 kritik komponentin VESTEL laboratuvarlarında maksimum koşullarda testleri sonucundaki ölçüm değerleri kullanılarak Lamda Predict yazılımı yardımıyla MTBF değeri 120.215 saat olarak hesaplanmıştır. Bu değer, bu güç kartının 10 yılın üzerinde arıza yapmayacağını olasılık değerini göstermektedir. Yazılım, Mil-Std-217F standardını referans alarak her bir komponentin stres değerlerinin girilmesi ve her bir komponentin hata oranlarının hesaplanıp sistemin MTBF değerinin hesaplanması esasına dayanmaktadır.

7.3 OLED TV Güvenilirlik Düzeyinin Artırılması İçin Öneriler

OLED TV'nin garanti süresi içerisinde hata olasılığını minimum düzeyde tutmak için aşağıdaki tasarım kriterlerine uyulması önerilmektedir.

- Mekanik Tasarım
- Elektronik Tasarım
- Optik Tasarım

OLED TV, yapısı gereği çok ince yapılıdır. 65" OLED TV'nin ortalama harcadığı güç 450W civarında olduğu düşünülürse, performansı düşüren en önemli etken sıcaklık olacaktır. TV'nin tüm dış kaplaması plastik malzemedendir. Anakart ve güç kartı, OLED panelin ısı kümelenmesi oluşturmayacak ve genel çalışmasını olumsuz etkilemeyecek şekilde yerleştirilmesi gerekir. Isı üreten bu kartların yer aldığı arka üniteye ısı haritasına göre uygun olarak arka kapakta havalandırma kanalları açılması gereklidir. Bölüm 5'te verilen ısı analizler ve simülasyonlar, fiziksel gerçekleşme başlamadan önce tasarım esnasında yapılması önerilmektedir. Eğer pasif soğutma sistemi ile yeterli verim alınamamış ise düşük ses çıkaran piezo fan gibi sentetik jet temel prensipli aktif soğutma yöntemleri kullanmak mümkündür. Diğer önemli kriter ise uygun paketleme tasarımının gerçekleştirilmesidir. Ürünün üretim yerinden tüketiciye ulaşacağı noktaya kadar sağlıklı bir şekilde teslim edilebilmesi için maruz kalacağı titreşim ve darbelere dayanıklı olacak paketleme malzemeleri kullanmak gerekir. Tüketici elektroniği ürünleri IEC 60068 standardı referans alınarak EDVM (Electrodynamic Vibration Machine) titreşim cihazı kullanılarak yol durum simülasyon testleri gerçekleştirilir. OLED TV için paketli ürün, Z ekseninde 1.2 G_{rms} titreşim genliğinde ve minimum 30 dakikalık testi geçmesi gerekir. OLED TV için iç paketleme tasarımı, bu testten geçecek formda gerçekleştirilmesi gerekir.

OLED TV'nin elektronik kart tasarımında komponentlerin elektriksel derating ve ΔT değerleri ürün güvenilirliğini artıran en önemli iki unsurdur. Kart seviyesinde gerçekleştirilen akım-gerilim testleri sonucunda ölçülen değerler, komponent üretici firmanın izin verdiği maksimum değerler ile karşılaştırılır. Genel uygulama olarak ölçülen değer %80 stres seviyesini aşması önerilmez. Maksimum çalışma değerlerinde ölçülen değerler belki kısa vade içerisinde herhangi bir sorun teşkil etmeyebilir ancak ürünün garanti süresi içerisinde arıza yapma olasılığını artıracaktır. Bu açıdan optimum stres seviyesi %80 olması önerilmektedir. Benzer şekilde cihazın maksimum yük altında komponentlerin sıcaklıklarının ölçülen değeri, komponent üretici firmanın izin verilen en yüksek çalışma sıcaklığından düşük olmalıdır. Bir elektronik komponentin arıza yapmasının en önemli belirtisi aşırı yüzey sıcaklığıdır. Komponentin ölçülen yüzey sıcaklığı, üretici bilgi formunda belirtilen sıcaklıkları aşıyor ise arıza yapma olasılığı çok yüksektir. Bu açıdan tasarımcı, istenmeyen bu ısı artışını düşürecek

yöntemler kullanmak zorundadır. Ölçümlerde termal kamera kullanılarak genel ısı haritası çıkarılır ve ardından ısı çiftleri kullanılarak hassas ΔT ölçümleri gerçekleştirilir.

$$\Delta T = T_{\text{ölçülen}} - T_{\text{ortam}} \quad (7.10)$$

Dayanıklı ve güvenilir bir elektronik kart tasarım için ΔT ölçümlerinin $75\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'den düşük olması önerilmektedir.

OLED TV'nin optik performansı laboratuvar koşullarında ışık ve renk ile ilgili parametrelerinin ölçülmesi ve panel speklerinin karşılanması ile belirlenir. Panel'in en belirgin performansı lüminans seviyesidir. Zaman içerisinde panel üretici kaynaklı veya kullanım koşullarına bağlı olarak ışık seviyesinde degradasyonlar oluşabilmektedir. Bu durum OLED panelde homojen olmayan ışık düzensizliklerine neden olur. OLED TV'nin en önemli kalite problemlerinden birisidir. OLED Paneli kullanan TV üreticisi ilk aşamada panel kaynaklı degradasyona çözüm getiremeyebilir. Eğer OLED degradasyonu, TFT backplane ve/veya OLED malzeme kaynaklı ise, panelin içerisine müdahale şansı yoktur. Ancak panel içerisinde yer alan OLED'i süren TFT devresinde kompanzasyon devreleri ile homojen ışık düzeyi sağlanabilir. Benzer şekilde, ekranın yüzeyindeki sıcaklık farklılıkları da zaman içerisinde ekran bütününe ışık düzensizliğine neden olacaktır. Eğer bir şekilde OLED panelin farklı noktalarından alınan sıcaklıklarda $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ üstünde bir sıcaklık farkı oluşmuş ise, bu noktalardaki OLED pikseller, diğer OLED piksellere göre daha hızlı degrade olacağından, toplamda kalite problemine neden olacaktır. Bu nedenle ekrandan ölçülen herhangi iki nokta arasında $\Delta T < 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ olması önerilmektedir. Farklı bir durumda panel üretici firma ile görüşmek veya kök neden analizleri ile sebebinin araştırılması gereklidir.

8. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışması ile yüksek güvenlik ve güvenilirlik düzeyi hedeflenmiştir. Elde edilen ana sonuçlar aşağıda listelenmiştir.

- Yangın riski etkileri ile en istenmeyen durumdur. OLED TV'nin dış yüzeyinde kullanılan ABS polimer malzemesinin alev yayılım hızı yüksektir. Bu çalışma sonucunda hazırlanan numunelerin yapısal, morfoloji, termal, mekanik ve alev geciktiricilik özellikleri değerlendirilerek ABS'de huntit / hidromanyezit ve antimon trioksit arasındaki sinerjik etkiler araştırılmıştır. Hem Huntit / Hidromagnezitin hem de Antimon trioksitin kullanılması katkı maddelerinin miktarına bağlı olarak ABS polimer kompozitlerinin alev geciktirici özelliklerini ve termal stabilitesini geliştirmiştir. **ABS / 30H20A** kompozit ABS'ye kıyasla çok daha yüksek termal kararlılığa ve daha iyi kalıntı oluşturma kabiliyetine sahip olduğu görülmüştür. Bu durum antimon trioksit ve huntit / hidromanyezit birleşiminin sinerjik etkisinin kompozitlerin ısıl stabilitesini ve karakter oluşum yeteneğini geliştirdiğini ortaya koymuştur. UL94 testi sonucunda V0 yanmazlık elde edilmiştir. Yanmazlık testine göre en iyi sonucu 3sn içerisinde sönen **30H20A** kompoziti sağlamıştır. ABS kompozitlerinin mekanik çekme testleri sonuçlarına göre rijitliği artsa bile mekanik mukavemet ve elastisite modülü katsayısı kabul edilebilir kullanım sınırları içerisinde olduğu gözlemlenmiştir.

- Bu çalışmada OLED TV'nin ısıl davranışları deneysel ve nümerik olarak incelenmiştir. OLED TV'nin performansını ve ömrünü doğrudan etkileyen sıcaklığın düşürülmesi için, pasif soğutma ve aktif soğutma yöntemleri önerilmiştir. Deneysel yöntemler ile elde edilen verilerin CFD ticari yazılımlar ile modellenmesi suretiyle ısıl tasarımın geliştirilmesi sağlanmıştır. Pasif soğutma amacıyla **pirolitik grafit ve tavlanmış pirolitik grafit** ısı yayıcıları farklı kalınlıklar için deneysel ve nümerik olarak analiz edilmiş ve ekran üzerinde 2 °C dereceye kadar homojen ısı dağılımı sağlanmıştır.

Daha etkin bir soğutma sağlamak amacıyla **çift etkili piezofan sentetikjet** tasarımı gerçekleştirilmiş ve kullanılmadığı durum ile kıyasla yaklaşık 32 °C 'lık sıcaklık düşümü deneysel olarak gösterilmiştir. Tasarımda ısıl yönetim uygulamaları ile yüksek güvenilirlik sağlanmış olmaktadır.

• OLED TV'nin güvenilirlik odaklı tasarımında en kritik aşama güç kartının kriterlere uygun tasarlanmasıdır. OLED TV'nin fiziksel kısıtlamaları göz önünde bulundurularak, uygun topoloji seçilerek, maliyeti düşük, güvenilirliği yüksek güç kartı tasarımı gerçekleştirilmiştir. Panel ve anakart ihtiyacına göre güç haritası çıkarılmış ve çalışma modunda 450W ve maksimum güvenilirlik düzeyinde 600W'lık güç kartı sistem tasarımı gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada güvenilirlik odaklı tasarım sonucunda potansiyel arıza olasılığını en aza indirmek amacıyla güç elektroniği devre elemanlarının optimum çalışma koşulu sağlanmıştır. Bu amaçla 12V ve 24V yarım köprü LLC rezonans DC/DC dönüştürücü tasarımları ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir. İstenilen güç aktarımlarını maksimum izin verilebilir kalınlık olan 12mm yapabilmek için transformatörler primerleri seri ve skonderleri paralel olacak şekilde ikiye ayrılarak paralellenmiştir. Devre analizleri, farklı çalışma frekansları ve yükleri için Mathlab ve PowerSim kullanılarak simüle edilmiştir. Simülasyon sonuçlarına göre en uygun çalışma frekansının 100kHz olduğu belirlenmiş ve deneysel sonuçlar ile uyumlu olduğu gözlemlenmiştir. Paralel modülleme ile LLC rezonans DC/DC dönüştürücü kritik komponent sayısı 2 katına çıksa bile(yani BOM maliyeti artsa bile) komponent arızası oluşma olasılığı düşeceği için toplam maliyet yine düşük olacaktır. Benzer uygulamalarda böyle bir çalışma yoktur. Yapılan güvenilirlik analizleri ile hedeflenen MTBF değerinin 2 katından fazla bir değer elde edilmiştir.

• Bu çalışma ile ekran bütünündeki ışık seviyesinde bozulmalara neden olan mekanizmalar incelenmiştir. Çok uzun süre sonrasında statik görüntünün ekranda olmasıyla OLED degradasyonuna bağlı resim yapışması etkisi incelenmiştir. OLED degradasyonunu azaltmak için OLED malzemenin ömrünün artırılması ve maksimum çalışma koşuluna maruz kalmaması en önemli çözüm yöntemidir. Ayrıca TFT backplane teknolojinin geliştirilmesi etkin bir çözüm yöntemidir. Bu çalışmada, resim yapışma sorununa çözüm için yazılım algoritması önerilmiştir. RGB-RGBW dönüşüm algoritmasının ekranın bütününe veya sadece statik resimin olduğu bölgeye adaptif olarak farklı algoritmaların iteratif bir döngü içerisinde yapıyor olması hesaplama verimliliğini artırmaktadır. Gelecek çalışma olarak logo gibi resimdeki statik bölgenin tayininin derin öğrenme ile yapay zeka algoritmaları kullanılarak gerçekleştirilmesi ve sadece logo bölgesinin piksel parlaklıklarının kontrolü ile olası degradasyonun azaltılması mümkün olabilir. Bu konuda çalışmalar gerçekleştirilebilir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Allee R.D., Clark T L., Shringarpure R., Venugopal M.S., Li P.Z. and Bawolek J.E.,** 2008, IEEE CFP08RPS-CDR 46th Annual International Reliability Physics Symposium, Phoenix, 158-167 pp.
- Arik, M. and Karsli, K.,** 2014, Effect of Optical Design on the Thermal Management for the Smart TV LED Backlight Systems, IEEE 64th Electronic Components and Technology Conference, Florida.
- Arik, M.,**2007, An investigation into feasibility of impingement heat transfer and acoustic abatement of meso scale synthetic jets, Journal of Applied Thermal Engineering 27, 1483–1494 pp.
- Arkhipov V. and Bassler H.,** 1993, A model of weak-field quasi-equilibrium hopping transport in disordered materials, Phil. Mag. Lett., 67:343 pp.
- Ashby M.F., Ferreira P.J. and Schodek D.L.,** 2009, Nanomaterials, Nanotechnologies and Design, 199-255 pp.
- Ashtiani J., S.,** 2007, Pixel circuits and driving schemes for active-matrix organic light-emitting diode displays, Ph.D. Thesis, University of Waterloo, Waterloo, ON, Canada.
- Aydın H.,** 2011, Interface Properties Of Modified Indium Tin Oxide Based Organic Light Emitting Diodes with Functional Aromatic Molecules, MSc Thesis, IYTE.
- Baillet C. and Delfosse L.,** 1990, Polymer Degradation and Stability, 89-99 pp.
- Barbati S.,** 2002, Reliability Concept Training Note, Manisa.
- Bardsley J.,** 2004, International OLED technology roadmap, IEEE Journal of Selected Topics Quantum Electronics, 10:3 pp.
- Bassler H.,** 1993, Charge transport in disordered organic photoconductors: A monte carlo simulation study, Physica Status Solidi B, 175:5 pp.
- Baysal E.,** 2003, Borlu bileşikler ve doğal sepi maddeleriyle emprenye edilen sarıçam odununun yanma özellikleri, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 59-69 s.
- Bernanose A,** 1955, Electroluminescence of organic compounds, British Journal of Applied Physics, 54-56 pp.
- Bernanose A., Comte M., Vouaux P.,** 1953, A new method of light emission by certain organic compounds, J. Chim. Phys., 50: 64 p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devamı)

- Bernanose, A.** 1955, The mechanism of organic electroluminescence, J. Chim. Phys., 52: 396 p.
- Bikales N.M.,** 1967, Encyclopedia of Polymer Science and Technology Plastics, Resins, Rubbers, Fibers, John Wiley and Sons Inc., USA, 1-64 pp.
- Birolini A.,** 1999, Reliability Engineering Theory and Practice, Heidelberg, GERMANY.
- Blischke W.R., Murthy D.N.P.,** 2000, Reliability: Modeling, Prediction and Optimization, Wiley, New York.
- Blochitz-Nimoth J.,** 2007, Electrical Compensation of OLED Luminance Degradation, Electron Device Letters, IEEE, 28(12):1108-1110 pp.
- Braun D. and Heeger A.J.,** 1991, Visible Light Emission from Semiconducting Polymer Diodes, Appl. Phys. 58: 1982-1984 pp.
- Braga, H. A. C. and Barbi, I.,** 1999, A 3-kW unity-power-factor rectifier based on a two-cell boost converter using a new parallel-connection technique, IEEE Trans. on Power Electronics, 14(1): 209-217.
- Brütting W.,** 2005, Physics of Organic Semiconductors, Wiley-VCH Verlag GmbH&Co KGaA, Weinheim.
- Burroughes J.H., Bradley D.D.C., Brown A.R., Marks R.N., Mackay K., Friend R. H., Burn P.L., Holmes A.B.,** 1990, Light-emitting diodes based on conjugated polymers, Nature 347, 539-541 pp.
- Burrows P. E., Gu G., Bulovic V., Shen Z., Forrest S. R., and Thompson M. E.,** 1997, Achieving full-color organic light-emitting devices for lightweight, flat-panel displays, IEEE Transactions on electron devices 44 (8):1188-1203 pp.
- Burrows P.E., Bulovic V., Forrest S.R., Sapochak L.S., McCarty D.M., and Thompson M.E.,** 1994, Reliability and degradation of organic light emitting devices, Applied Physics Letters, 65(23):2922-2924 pp.
- Carati A., Rizzo C., Dalloro L., Stocchi B., Millini R., Perego C.,** 2002, Studies in Surface Science and Catalysis, 191-199 pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devamı)

- Chaji G.R., Ng C., Nathan A., Werner A., Birnstock J., Schneider O., and Blochwitz-Nimoth J.**,2007, Electrical compensation of OLED luminance degradation, IEEE Electron Device Lett., 28(12) :1108–1110 pp.
- Chang S., Xie T. and Yang G.**, 2006, Polymer Degradation and Stability, 3266-3273 pp.
- Chandratilleke T.T., Jagannatha D., Narayanaswamy R.**, 2010 Heat transfer enhancement in microchannels with cross-flow synthetic jets, Int. J. Thermal Sci. 49, PP: 504–513.
- Chaudhari M., Puranik B., Agrawal A.**, 2010, Effect of orifice shape in synthetic jet based impingement cooling, Exp. Therm. Fluid Sci. 34, 246–256 pp.
- Chandratilleke T.T., Jagannatha D., Narayanaswamy R.**, 2010,Heat transfer enhancement in microchannels with cross-flow synthetic jets, International Journal of Thermal Sciences, (49) 504–513.
- Chen L., Tu Y., Wang L., and Li F.**,2009, “Perceptual evaluation of sub-pixel rendering in a four-primary display system,” in 2nd Int. Congr.Image and Signal Process., Oct. 2009, pp.
- Chen G., Capp J., Getz G., Flaherty D., Norley J.**, 2003, Optimum design of heat sinks using non-isotropic graphite composites, Proceedings of Ht2003, Asme Summer Heat Transfer Conference, July 21-23, Las Vegas, Nevada, USA.
- Chung et al.**, 2006, Is AMOLED TV Ready to Enter the Battle for Large-Screen FPD Dominance?, Information Display, 12-17 pp.
- Chung S., Lee H.,J., Jeong J., Kim J.,J., Hong Y.**, 2009, Substrate thermal conductivity effect on heat dissipation and lifetime improvement of organic light-emitting diodes, Appl. Phys. Lett. 94.
- Çiftci A.**, 1996, Tekstil Boyama ve Baskısında Kullanılan Yardımcı Maddeler, Sümer Yayın, Bursa, 2-5 s.
- Di Blasi C., Branca C. and Galgano A.**, 2007, Polymer Degradation and Stability, 752-764 pp.
- Fang Z., Song P., Tong L. and Guo Z.**, 2008, Thermochimica Acta, 106-108 pp.
- Fernandes Jr, V.J., Araujo A.S., Fonseca V.M., Fernandes N.S. and Silva D.R.**, 2002, Thermochimica Acta, 392-393 pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devamı)

- Friend, R. H., Gymer, R. W., Holmes, A. B., Burroughes, J. H., Marks, R. N.,** 1999, Electroluminescence in conjugated polymers, 121–128 pp.
- Gad S.C.,** 2005, Encyclopedia of Toxicology, 2005, 150-151 pp.
- Garba B.,**1999, Polimer Degradation and Stability, 517-522 pp.
- Garditz C, Winnacker A.,Schindler F.,Paetzold R.,**2007, Impact of Joule heating on the brightness homogeneity of organic light emitting devices, Appl. Phys. Lett. 90.
- Genç N.,**2010, Birim güç katsayılı ve sıfır gerilim geçişli yeni bir sarmaşık yükselten dönüştürücünün tasarımı ve gerçekleştirilmesi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
- Glang R., and Maissel L.I.,** 1970. Handbook of thin film technology. McGraw Hill New York.
- Gu G. and Forrest S. R.,** 1998, Design of flat-panel displays based on organic light- emitting devices, IEEE J. Sel. Topics in Quantum Electronics, 4(1) :83-99 pp.
- Guo X., and Silva S.R.P.,** 2005, Investigation on the current nonuniformity in current-mode TFT active-matrix display pixel circuitry, IEEE Trans. Electron Devices, 52(11): 2379–2385 pp.
- Gholami A. and Bahrami M.,**2014 Spreading resistance in anisotropic rectangular plates with multiple heat sources and sinks, 10th International Conference on Heat Transfer, Fluid Mechanics and Thermodynamics, Orlando, Florida
- Halls J.,** 2005, Inkjet Printing of PLED Displays, Information Displays, 02/05, 10-15 pp.
- He Y., Hattori R., and Kanicki J.,** 2000, Electrical reliability of two- and four-a-Si:H TFT pixel electrode circuits for active-matrix OLEDs, SID Tech. Dig., 31:354–357 pp.
- Heeger A.J., et al.,**1977, Electrical conductivity in doped polyacetylene, Phys. Rev. Lett., 39:1098–1101 pp.
- Hnatek R.,E.,** 2003, Practical Reliability of Electronic Equipment and Products, Marcel Dekker Inc., ISBN: 0-8247-0832-6.
- Holonyak N.,Jr. and Bevacqua SF,** 1962, Coherent (visible) light emission from Ga(As_{1-x}P_x) junctions, Appl. Phys. Lett., 1:82–83 pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devamı)

Homer A., 2004, Overview of OLED Technologies, Osram.

Hong, Y., Nahm, J. Y., and Kanicki, J., 2004, 100 dpi 4-a-Si:H TFTs active-matrix organic polymer lightemitting display, IEEE J. Selected Top. Quantum Electron. Org. Light-Emitting Diodes, 10:1–10 pp.

Ibrahim A., Lima R.S., Berndt C.C, Marple B.R, 2007, Surface & Coating Technology, 7589-7596 pp.

Icoz T., Arik M., 2010, Light weight high performance thermal management with advanced heat sinks and extended surfaces, IEEE Transactions on Components and Packaging Technologies, 33(1).

Ivensky G.,Bronshtein S.,Abramovitz A.,2011, Approximate Analysis of Resonant LLC DC-DC Converter, IEEE Transaction on Power Electronics,Vol.26,No.1,3274-3284 pp.

Kallmann H., Pope M., 1963, Bulk Conductivity in Organic Crystals, Nature 186 (4718): 31–33.

Kanicki J. and Martin S., 2003, Hydrogenated amorphous silicon thin-film transistors, in Thin-Film Transistors, C.R. Kagan and P. Andry, Eds., Marcel Dekker, New York.

Karim K., Nathan A., Hack M.,William M., 2004, Drain-Bias Dependence of Threshold Voltage Stability of Amorphous Silicon TFTs IEEE Electron Device Letter, Vol. 25(4):188-190 pp.

Kaya, M. C., 2008, Design, implementation, and control of a two– stage ac/dc isolated power supply with high input power factor and high efficiency, Doktora tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Khas H., 1998, Department of textile technology, Indian of Technology, New Delhi, India, 222-289 pp.

Kısakürek D., 2003, Yanmaya Dayanıklı Polimerler, XVII Ulusal Kimya Kongresi, 20 s.

Kim K., 2008, Global Display Market Dynamics and Perspective, Display Search 2008 SID Business Forum.

Kim, J. H. and Kanicki, J., 2002, Amorphous silicon thin-film transistors-based active-matrix organic light-emitting displays, SID Tech. Dig., 614–617 pp.

Kracklauer J.I., 1978, Flame Retardant Polymeric Materials, NY: Plenum Pres, 115-118 pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devamı)

- Kuan C., Hsin W., Chen C., Yuen S., Kuan H. and Chiang C.,** 2008, Polymer Degradation and Stability, 207-214 pp.
- Kumar U.D., Knezevic J., and Crocker J.,** 1999, Maintenance Free Operating Period-an Alternative Measure to MTBF and Failure Rate for Specifying Reliability?, Elsevier – Reliab. Eng. Syst. Saf., 127–131 pp.
- Kwon J.K., Kim H.Y.,**2012, Scene-Adaptive RGB-to-RGBW Conversion Using Retinex Theor Based Color Preservation, IEEE/OSA J. Disp. Technol., 8(12):684–694 pp.
- Oh K., Kwon O.K.,** 2012, Threshold-Voltage-Shift Compensation and Suppression Method Using Hydrogenated Amorphous Silicon Thin-Film Transistors for Large Active Matrix Organic Light-Emitting Diode Displays, JJAP, 51:3-4.
- Lai C., Tsai C.,**2007, A modified stripe-RGBW TFT-LCD with imageprocessingengine for mobile phone displays, IEEE Trans. Consum.Electron., vol. 53(4):1628–1633 pp.
- Lecoeur E., Vroman I., Bourbigot S., Lam T.M. and Delobel R.,** 2001, Polimer Degradation and Stability, 487-492 pp.
- Lee C., and Monga V.,** 2014, Power Constrained RGB-to-RGBW Conversion for Emissive Displays, IEEE Int. Conf. Acoust. Speech Signal Process., 1214–1218 pp.
- Lee H. J., Kim H. J., and Han M. K.,** 2005, A new a-Si:H TFT pixel circuit compensating the threshold voltage shift of a-Si:H TFT and OLED for active matrix OLED, IEEE Electron Device Lett., vol. 26(12):897–899.
- Li, Z., Meng, H.,** 2007, Organic Light-Emitting Materials and Devices, CRC Press Taylor & Francis Group, New York.
- Li, Y., Tan, L.-W., Hao, X.-T., Ong, K. S., Zhu, F. and Hung, L.-S.,** 2005, Flexible top-emitting electroluminescent devices on polyethylene terephthalate substrates, Applied Physics Letters, 86:153-508 pp.
- Liu S., Ye H., Zhou Y., He J., Jiang Z., Zhao J. and Huang X.,** 2006, Polimer Degradation and Stability, 1808-1814 pp.
- Lu S.-Y. and Hamerton I.,** 2002, Progress in Polymer Science, 1661-1712 pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devamı)

- LVDS Owner's Manual**, 2004, 3rd Edition Low voltage differential signalling, National Semiconductor.
- Martin C., Hunt B.J., Ebdon J.R., Ronda J.C. and Cadiz V.**, 2006, Reactive & Functional Polymers, 88-96 pp.
- Massey L.K.**, 2002, Permeability Properties of Plastics and Elastomers, 175-176 pp.
- MIL-HDBK-338B**, Electronic Reliability Design Handbook, U.S. Department of Defense.
- MIL-HDBK-781A**, Handbook for Reliability Test Methods, Plans, and Environments for Engineering, Development Qualification, and Production, U.S. Department of Defense.
- Mil-HDBK-217**, Reliability Prediction for Electronic Components, US Department of Defence.
- Mohan N., Undeland T. M., and Robbins W. P.**, 1995, Power Electronics: Converters, Applications, and Design, John Wiley & Sons, 2nd Edition.
- Nathan A., Servati P., Sazonov A., Stryahilev D., Karim K.S.**, 2003, a-Si:H TFTs on glass and plastic in a-Si:H Thin Film Transistors, Ed: Y. Kuo, Kluwer Academic Publishers, 79-181 pp.
- Nathan A., Chaji G. R., and Ashtiani S. J.**, 2005, Driving schemes for a-Si and LTPS AMOLED displays, J. Display Technol., 1(2):267-277 pp.
- Nihida M., Nanabusa T., Fujiwara H.**, 1993, Surface and Coating Technology, 47-51 pp.
- Nil M. ve Baylakoğlu İ.**, 2006, RoHS Direktifine Uygun Ürünler için Güvenilirlik Test Süreçleri, Doğa Uyumlu Elektronik Tasarım Konferansı-İstanbul, 143-149 s.
- Nil M., Nil M., and Çakır B.**, 2010, MTBF Analysis in OEM Company: Applications to ZCZVT PWM Soft-Transition Inverters, IEEE, 9. International Conference on Environment and Electrical Engineering 2010, Prague.
- Nil M., Nil M., Çakır B., Demir M.**, 2011, Comparative Switching Characteristics of the ZCZVT PWM Inverters and Reliability Analysis, I.R.E.E., International Review of Electrical Engineering, February (Vol.6 N.1)-Papers Part A, 139-148 pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devamı)

Nil M., Mermer Ö., 2012, Design Verification Test Plan for AMOLED TV, Electronic Display Conference, Oral Presentation, Nuremberg Germany.

Nil M., Mermer Ö., 2012, R&D Test Plan for OLED TV, Poster Presentation, NanoTR8, Ankara.

Nil M., Tüzün L., Mermer Ö., 2012, A New Method for Touch Screen OLED TV, 7th Archeng EEECS 2012, 29-30 November 2012, Lefke Cyprus.

Nil M., Mermer Ö., Tüzün L., 2012, The Development Method for Touch Screen OLED TV By Using Finger Proximity Detection, Electronic Display Conference, Oral Presentation, Nuremberg Germany.

Nil M., Mermer Ö., Çelik E., 2014, OLED TVs with Flame Retardant Plastics, Society for Information Display, Mid-Europe Chapter Spring Meeting – SID-ME 2014, Poster Presentation, Istanbul.

Nil M., Mermer Ö., Akgül M.B., 2014, A Numerical Study on the Thermal Management Schemes of a LED Array, SIITME2014 IEEE International Symposium for Design and Technology in Electronic Packaging, Bucharest Romania.

Nil M., Mermer Ö., 2015, A Study of Reliability Test Program, Critical Testing Process and Methods of Analysis for Active Matrix OLED TV's, Sabancı University Microelectronics Workshop, Istanbul Turkey, June 15-17, 48-49 pp.

Nil M., Özbakiş B., Can Y., Öztürk Y., 2017, Powerboard design for the first AMOLED TV of Turkey, Metin NİL, Başak ÖZBAKIŞ, Electronic Display Conference, Oral Presentation, Nuremberg Germany.

Nil M., Özbakiş B., Can Y., Kıvrak O., Mermer Ö., 2016, Türkiye'nin ilk AMOLED TV'si için Güç Kartı Tasarımı, Eleco 2016, Bursa.

Pfeiffer M., Beyer A., Plonnigs B., Nollau A., Fritz T., Leo K., Schlettwein D., Hiller S., and Wohrle D., 2000, Controlled p-doping of pigment layers by cosublimation: Basic mechanisms and implications for their use in organic photovoltaic cells, Solar Energy Materials and Solar Cells, vol. 63:83 pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devamı)

- Pfeiffer M., Forrest S., and Waser R.**, 2003, Nanoelectronics and Information Technology: Organic Light Emitting Diodes. Weinheim:Wiley-VCH.
- Pfeiffer M., Leo K., Zhou X., Huang J., Hofmann M., Werner A., and Blochwitz-Nimoth J.**, 2003, Doped organic semiconductors: Physics and application in light emitting diodes, Organic Electronics, 4:89 pp.
- Pohl L.S., Kollár E., Poppe S.A., Kohári Z.**, 2011 Nonlinear electro-thermal modeling and field-simulation of OLEDs for lighting applications I: Algorithmic fundamentals, Microelectron. 43:624–632 pp.
- Pope, M.; Kallmann, H. P.; Magnante, P.**, 1963, Electroluminescence in Organic Crystals, The Journal of Chemical Physics 38 (8) :2042 pp.
- Pourabas B., Raeesi V.**, 2005, Preparation of ABS/montmorillonite nanocomposite using a solvent/non-solvent method, Polymer, 46:5533-5540 pp.
- M. J. Powell**, 1983, Charge trapping instabilities in amorphous silicon–silicon nitride thin-film transistors, Appl. Phys. Lett., 43(6):15–17 pp.
- Rakurthi A.**, 2010, Improvement of Efficiencies and Lifetimes of White Light-Emitting Organic Diodes Using a Novel Co-evaporated 'Hole-Confining' Structure. Structure.
- Rothberg J. L., and Lovinger J. A.**, 1996, Status and prospects for organic electroluminescence, J. Mater. Res., 11:3174–3187 pp.
- Round HJ**, 1907, A note on carborundum, Electron. World, 19:309–310 pp.
- Rossetto, L., Spiazzi, G., Tenti, P.**, 1994, Control techniques for power factor correction converters, Power Electronics, Motion Control, PMEC Conf. Proc., USA, PP:1310-1318.
- Sabate J.A., Vlatkovic V., Ridley R.B., Lee F. C., and Cho B. H.**, 1990, Design Considerations for High-Voltage High-Power Full-Bridge Zero-Voltage Switched PWM Converter, Applied Power Electronics Conference Proceedings, pp. 275-284.
- Saçak M.**, 2002, Polimer Kimyası, Gazi Kitabevi, Ankara, 275-297 s.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devamı)

Sain M., Park S.H., Suhara F. and Law S., 2004, Polimer Degradation and Stability, 363-367 pp.

Sanford, J. L. and Libsch, F. R., 2003, TFT AMOLED pixel circuits and driving methods, SID Tech. Dig., 34:10–13 pp.

Schwamb P., Reusch T.C.G., Brabec C.J., 2013, Passive cooling of large-area organic light-emitting diodes, Org. Electron. 14:1939-1945 pp.

Sezer E., 2008, The New Frontiers of Organic and Composite Nanotechnology, 143-235 pp.

Shin M.S., Jo Y.R., Kwon O.K., 2011, Driving Method for Compensating Reliability Problem of Hydrogenated Amorphous Silicon Thin Film Transistors and Image Sticking Phenomenon in Active Matrix Organic Light-Emitting Diode Displays , Japanese Journal of Applied Physics, 50:3-4 pp.

Shirakawa H., Louis J.E., MacDiarmid G.A., Chiang K.C., Heeger J.A., 1977, Synthesis of electrically conducting organic polymers: halogen derivatives of polyacetylene, (CH)_x, Chem. Commun., 16:578–580 pp.

Simone S., 2014, LLC resonant half-bridge converter design guideline, ST Microelectronics, 1-35pp.

Singh M., Asthana R., Gyekenyesi A.L., Smith C. E., 2012, Bonding and integration of titanium to graphitic foams for thermal management applications, International Journal of Applied Ceramic Technology, 1-9, 2012.

Slawinski M., Bertram D., Heuken M., Kalisch H., Vescan A., 2011 Electrothermal characterization of large-area organic light-emitting diodes employing finite-element simulation, Org. Electron. 12 (8):1399–1405 pp.

Smallman R.E., 1999, Modern Physical Metallurgy and Materials Engineering, 351-375 pp.

So F., Kondakov D., 2010, Degradation Mechanisms in Small-Molecule and Polymer Organic Light-Emitting Diodes, Advanced materials, 22:3762–3777 pp.

Smedley, K. M., Zhou, L., Qiao, C., 2001, Unified constant-frequency integration control of active power filters – steady-state and dynamics, IEEE Transaction on Power Electronics, 16(3): PP:428-436.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devamı)

- Song L., Hu Y., Lin Z., Xuan S., Wang S., Chen Z., and Fan W.,** 2004, Polymer Degradation and Stability, PP:535-540.
- Steigerwald R. L.,**1995, A Review of Soft-Switching Techniques in High Performance DC Power Supplies,” IEEE Industrial Electronics, Control, and Instrumentation Conference Proceedings, Volume: 1, pp. 1-7.
- Surrin, M., Hennevicq, E., Ego, C, Marsitzky,D., A. C Grimsdale, Muellen, K., Bredas, J. L., Lazzaroni, R, Leclere, P.,** 2004, Chem. Mater., 16:pp:994.
- Tai Y.H., Chou L.S., Chiu H.L., Chen B.C.,** 2012, Three-Transistor AMOLED Pixel Circuit With Threshold Voltage Compensation Function Using Dual-Gate IGZO TFT, IEEE Electron Device Letters, 33(3):393-395 pp.
- Tang C. W., VanSlyke S.A., and Chen C.H.,** 1989, Electroluminescence of doped organic thin films, J. Appl. Phys., 65:3610–3616 pp.
- Tang C.W., VanSlyke S.A.,** 1987, Organic electroluminescent diodes, Appl. Phys. Lett., 51:913-915 pp.
- Uyulgan B., Dokumacı E., Çelik E., Kayatekin I., Ak N.F., Özdemir I., and Toparlı M.,** 2007, Journal of Materials Processing Technology, 204-210 pp.
- Uslu M.,** 2006, Analysis,design and implementation of a 5kW zero voltage swithching phase shifted full bridge DC/DC converter based power supply for arc welding machines, ODTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, PP:26-55
- Vincett P.S., Barlow W.A., Hann R.A.,and Roberts G.G.,** 1982, Electrical conduction and low voltage blue electroluminescence in vacuum-deposited organic films Thin Solid Films, 94:171-183 pp.
- Vlatkovic V., Sabate J.A., Ridley R.B., Lee F. C.,and Cho B. H.,**1992, Small Signal Analysis of the Phase-Shifted PWM Converter, IEEE Transactions on Power Electronics, Volume: 7, Issue: 1, pp. 128-135.
- Walzer K., Maennig B., Pfeiffer M., and Leo K.,** 2007, Highly efficient organic devices based on electrically doped transport layers, Chemical Review, 107:1233 pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devamı)

- Walzer, K., Maennig, B., Pfeiffer, M., Leo, K.,** 2007, Highly efficient organic devices based on electrically doped transport layers., Chem. Rew., 107:1233-1271 pp.
- Wright, W.D.,** 2007, Golden Jubilee of Colour in the CIE—The Historical and Experimental Background to the 1931 CIE System of Colorimetry, Wiley ch2. ISBN 9780470049044, (originally published by the Society of Dyers and Colourists, Bradford, 1981, 9–24 pp.
- Wu C., Djurovich P.I., and Thompson M.E.,** 2009, Study of Energy Transfer and TripleExciton Diffusion in Hole Transporting Host Materials, Advanced Functional Materials, 19:3157-3164 pp.
- Wu W.J., Zhou L., Yao R.H., Peng J.B.,** 2011, A New Voltage-Programmed Pixel Circuit for Enhancing the Uniformity of AMOLED Displays, IEEE Electron Device Letters, Vol. 32(7):931-933 pp.
- Xanthos M.,** 2004, Functional Fillers for Plastic., NY: Wiley-VCH.
- Yang A.S.,** 2009, Design analysis of a piezoelectrically driven synthetic jet actuator, Smart Mater. Struct. 18, 12 pp.
- Yang A.S.,** 2009, Design analysis of a piezoelectrically driven synthetic jet actuator, Smart Materials and Structures, 18 125004 (12pp), 2009.
- Yen F., Hung L., Kao N., Jiang D. S.,** 2016, Package with high thermal conductivity of graphite attached onto die surface to solve hot spot issue, IEEE 18th Electronics Packaging Technology Conference (EPTC).
- Yılmaz Atay H.,** 2008, Use of huntite and hydromagnesite mineral in plastic materials as a flame retardant, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi FBE, İzmir, 25-40 s.
- Zardareh Z. S., Boroumand A.F.,** 2009, Degradation in Organic Light Emitting Diodes, WASET, International Journal of Electrical,Computer, Energetic,Electronic and Communication Engineering 3(2):209-212 pp.
- Zmija J., Mazachowski J.M.,** 2009, Organic Light Emitting Diodes operation and application in displays, Archives of Material Science and Engineering, 40(1):5-12 pp.
- Zou D.,Yahiro M.,Tsutsui T.,** 1997, Study on the degradation mechanism of organic light-emitting diodes(OLEDs), Elsevier Synthetic Metals, 191-193 pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devamı)

Fermilab-University of Chicago, “Summer projects”, [http://quarknet.fnal.gov/fnal-uc/quarknet-summer-research/QNET2010/ Astronomy/, Overview of Stellar Spectra](http://quarknet.fnal.gov/fnal-uc/quarknet-summer-research/QNET2010/Astronomy/Overview%20of%20Stellar%20Spectra) (Erişim Tarihi: 06 Nisan 2016).

Sharp, “Ekran çözümleri”, <http://www.sharp.com.tr/cps/rde/xchg/tr/hs.xsl/-/html/25-kat-daha-fazla-alt-piksel.htm> (Erişim Tarihi:6 Haziran 2016).

Pioneer Electronics, “Consumer Electronics”, <http://www.pioneerelectronics.com/PUSA/Car/CD-Receivers/DEH-P9800BT> (Erişim Tarihi:10.05.2015).

Kodak, “Dijital kamera”, http://www.oled-info.com/digital_cameras/kodak_easysshare_ls633 (Erişim Tarihi:22.06.2016).

Sony, “11” OLED Digital TV”, http://www.crutchfield.com/S-gWpo4jkBH7v/p_158OLEDXE1/Sony-XEL-1.html (Erişim Tarihi:22.06.2016).

Information Display, <http://informationdisplay.org/IDArchive/2014/MayJune/2014SIDDisplayIndustryAwardWinners.aspx> (Erişim Tarihi:22.06.2016).

Samsung, “Flexible OLED Displays”, <http://itwarmup.com/samsung-unveils-youm-flexible-bendable-oled-display/> (Erişim Tarihi:22.06.2016).

CA1158389A, 1983, Fire retardant polymer compositions.

KR20090097284A, 2009, Compound for Intumescent Flame Retardent Member and Flame Retardent Bushing System using the Same.

EP2489705A1, 2012, Production method for polymer paint with non-flammable property

EP 3153771 A1, 2017, Cooling device and cooling method for lighting modules

EP 3079034 A1, 2016, Double-acting synthetic jet module for cooling of electronic devices

US20040160174A1, 2004, Active matrix organic electro-luminescence display.

US20050179399A1, 2005, Pixel for a active matrix display

US8049763, 2011, RGB to RGBW Color Decomposition Methode and System

US2006274212A1, 2006, Metdods and Aparatus for 4 Color Converting.

US2008204480A1, 2008 Method of Driving Displays comprising a conversion from the RGB color space to the RGBW color space.

US2011043553A1,2011, Gamut Mapping which Takes into Account Pixels in Adjacent Areas of A Display Unit

US2015035847A1,2015, Apparatus for Converting Data and Display Apparatus using the Same
US2015103108A1,2015, Display Device and Methods Thereof.

US2015371605A1,2015, Pixel Mapping and Rendering Methods for Displays with White Subpixels.

US2017024006A1,2017, Image Processing Method, Image Processinmg Circuit, and Display Device using the Same.

US20060007249A1,2006, Method for Operating and Individually Controlling the Luminance of each Pixel in an Emissive Active Matrix Display Device

US20080198180A1,2008, Methods and Apparatus of Converting Signals and a Display Using the Same.

US20080297448A1,2008, Oled Display Apparatus.

ÖZGEÇMİŞ

Ad: Metin

Soyad: Nil

Uyruğu: Türkiye Cumhuriyeti

Doğum Yeri: İzmir

Doğum Tarihi: 09.06.1973

E-mail Adresi: metin.nil@vestel.com.tr

Telefon: 0.236.233 01 31

Lisans(1991-1995): Yıldız Teknik Üniversitesi Elektronik&Haberleşme Müh.

YLisans(1995-1997): Kocaeli Üniversitesi Elektrik-Elektronik Müh.

İş Deneyimi: Kocaeli Üniversitesi-Araştırma Görevlisi(1996-1997)
Tübitak UME-Araştırmacı(1997-2001)
Vestel Elektronik ArGe Müdürü(2001-...)

Teknik Alanlar: Ekran Teknolojileri
Reliability, EMC, Safety Test Sistemleri
ArGe ve Teknoloji Yönetimi

Projeler

- OLED Ekranların Degradasyon Analizi Yazılım Çözüm Önerisi-Teydeb(Prj.No:3170239)
- Türkiye'nin ilk 65" OLED TV Prototip Tasarımı-Teydeb(Prj.No:3160469)
- Vestel Ürünleri için Piezofan Soğutma Sistemi -Teydeb (Prj.No:3130324)
- Türkiye'nin ilk OLED TV Tasarımı- Teydeb(Prj.No:3100311)
- 3D Video Konferans Sistemli TV Tasarımı- Teydeb (Prj.No:3110560)
- Aleve Dayanıklı OLED TV Tasarımı ve Güvenilirlik Test Standartlarının Geliştirilmesi-Santez (Prj.No: 0421.STZ.2013-2)

Yayınlar

- “Synergetic effect of antimony trioxide on the flame retardant and mechanical properties of polymer composites for consumer electronics applications”
Journal of Material Science:Materials in Electronics, Springer ISSN 0957-4522, 09Dec.2017.
- “Highly Reliable Half Bridge LLC Converter Design and Analysis for OLED TV”,
International University Industry Cooperation, R&D and Innovation Congress, 18-19December2017. Sözlü Sunum.
- **“A Numerical Study on the Thermal Management Schemes of a LED Array”**
2014, SIITME2014 Romanya, Excellent Paper Award.



EKLER

Yarım köprü LLC rezonant dönüştürücünün;

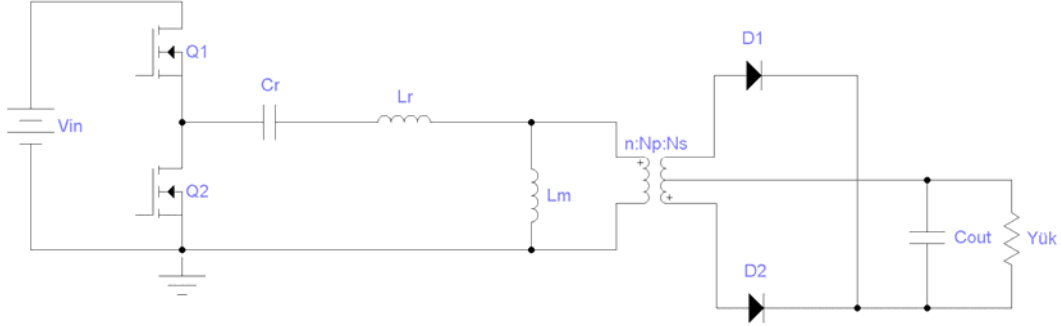
Ek 1. Analitik çözümü

Ek 2. MATLAB çözümü

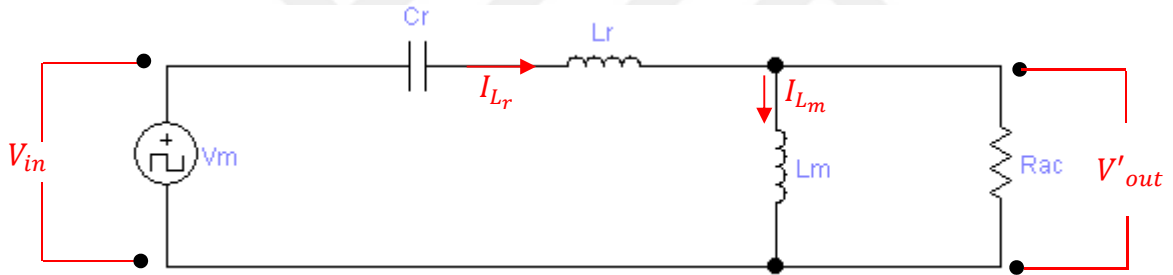
Ek 3. PSIM simulasyon sonuçları



Ek 1. Yarım köprü LLC rezonant dönüştürücü devresi analitik çözümü



Yarım köprü LLC rezonant dönüştürücü devresi



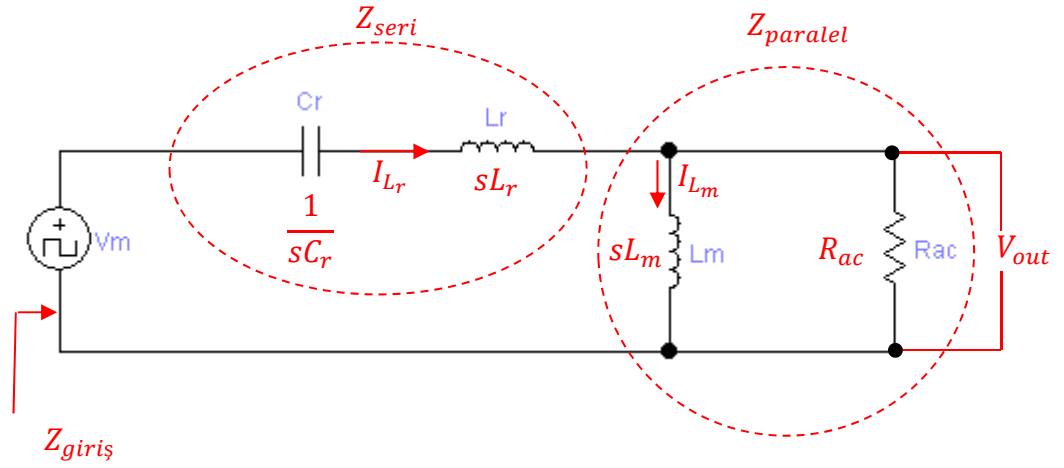
FHA (First Harmonic Balance) eşdeğer devresi

$$V_m = \frac{2}{\pi} V_{in}$$

$$V'_{out} = \frac{4}{\pi} n \cdot V_{out}$$

$$R_{ac} = \frac{8}{\pi^2} n^2 R_{yük} = \frac{8}{\pi^2} n^2 \frac{V_{çıkış}^2}{P_{çıkış}}$$

$$f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_r C_r}} \quad f_p = \frac{1}{2\pi\sqrt{(L_r + L_m) C_r}}$$



Giriş Empedansı $Z_{giriş}(s)$;

$$Z_{seri}(s) = \frac{1}{sC_r} + sL_r = \frac{s^2 L_r C_r + 1}{sC_r}$$

$$Z_{paralel}(s) = sL_m \parallel R_{ac} = \frac{sL_m \cdot R_{ac}}{sL_m + R_{ac}}$$

$$Z_{giriş}(s) = Z_{seri}(s) + Z_{paralel}(s)$$

$$Z_{giriş}(s) = \frac{s^2 L_r C_r + 1}{sC_r} + \frac{sL_m \cdot R_{ac}}{sL_m + R_{ac}}$$

$$Z_{giriş}(s) = \frac{s^3 L_r C_r C_m + s^2 C_r R_{ac} (L_r + L_m) + sL_m + R_{ac}}{s^2 L_m C_r + sC_r R_{ac}}$$

Çıkış Gerilimi $V_{out}(s)$;

$$V_{out}(s) = V_m(s) \times \frac{Z_{paralel}}{Z_{giriş}}$$

$$V_{out}(s) = V_m(s) \times \frac{\frac{sL_m \cdot R_{ac}}{sL_m + R_{ac}}}{\frac{s^3 L_r C_r C_m + s^2 C_r R_{ac} (L_r + L_m) + sL_m + R_{ac}}{s^2 L_m C_r + sC_r R_{ac}}}$$

$$V_{out}(s) = V_m(s) \times \frac{s^2 L_m C_r R_{ac}}{s^3 L_r C_r L_m + s^2 C_r R_{ac} (L_m + L_r) + sL_m + R_{ac}}$$

Transfer Fonksiyonu H(s);

$$H(s) = \frac{s^2 L_m C_r R_{ac}}{s^3 L_r C_r L_m + s^2 C_r R_{ac} (L_m + L_r) + s L_m + R_{ac}}$$

Toplam Çıkış Gücü Sout(Volt Amper);

P: Reel Güç (Watt) Q=Reaktif Güç(VAR) S= Toplam Güç(VA) Z=R+jX

$$P=I^2 R = V^2/R$$

$$Q=I^2 X = V^2/X$$

$$S=I^2 Z = V^2/Z$$

$$S_{out} = \frac{V_{out}^2}{Z_{paralel}}$$

İndüktör Akımları L_r , L_m ;

$$I_{L_r} = \frac{V_m - V_{out}}{Z_{seri}}$$

$$I_{L_m} = \frac{V_{out}}{Z_{paralel}}$$

Rezonans Frekansı f_o

$$f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_r C_r}}$$

Pole Frekansı f_p

$$f_p = \frac{1}{2\pi\sqrt{(L_r + L_m)C_r}}$$

Ek 2. Yarım köprü LLC rezonant dönüştürücü MATLAB çözümü

12V Rezonans Bloğu

f=90 kHz

$C_r = 295 \text{ nF}$ $L_r = 7.35 \text{ } \mu\text{H}$ $L_m = 44.5 \text{ } \mu\text{H}$ $R_{ac} = 13.4160 \text{ } \Omega$

LLC Devresi Giriş Empedansı

Zinput =

$$7.215\text{e-}18 \text{ s}^3 + 1.533\text{e-}11 \text{ s}^2 + 3.322\text{e-}06 \text{ s} + 1$$

$$9.81\text{e-}13 \text{ s}^2 + 2.953\text{e-}07 \text{ s}$$

Continuous-time transfer function.

$$z = 1.0\text{e+}06 *$$

$$-1.9232 + 0.0000i$$

$$-0.1010 + 0.2487i$$

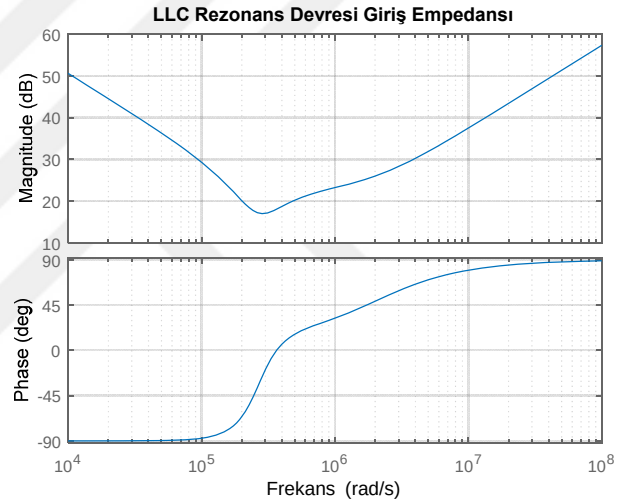
$$-0.1010 - 0.2487i$$

$$p = 1.0\text{e+}05 *$$

$$0$$

$$-3.0098$$

$$k = 7.3547\text{e-}06$$



LLC Devresi Çıkış Gerilimi

$$z = 1.0\text{e+}05 *$$

$$0$$

$$0$$

$$-3.0098$$

$$p = 1.0\text{e+}06 *$$

$$-1.9232 + 0.0000i$$

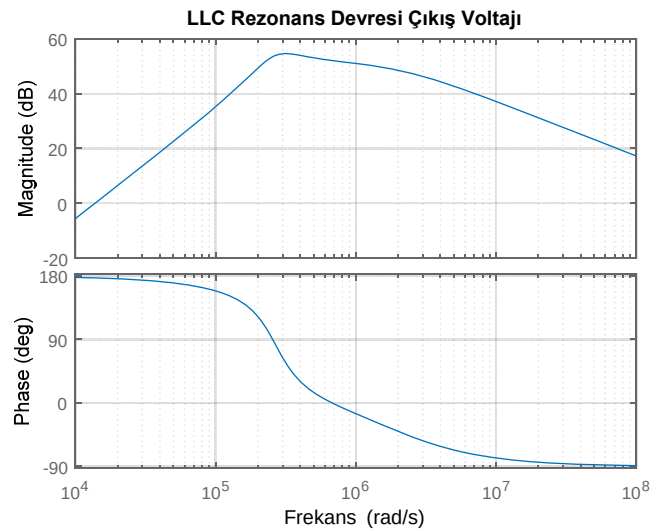
$$-0.3010 + 0.0000i$$

$$-0.1010 + 0.2487i$$

$$-0.1010 - 0.2487i$$

$$k = 7.2966\text{e+}08$$

$$wn = 7.6082\text{e+}05$$



f=100kHz

$C_r=265 \text{ nF}$ $L_r=6.64 \text{ } \mu\text{H}$ $L_m=40.24 \text{ } \mu\text{H}$ $R_{ac}=13.416 \text{ } \Omega$

LLC Devresi Giriş Empedansı

Zinput =

$$5.26\text{e-}18 \text{ s}^3 + 1.24\text{e-}11 \text{ s}^2 + 2.99\text{e-}06 \text{ s} + 1$$

$$7.946\text{e-}13 \text{ s}^2 + 2.657\text{e-}07 \text{ s}$$

Continuous-time transfer function.

$$z = 1.0\text{e+}06 *$$

$$-2.1369 + 0.0000i$$

$$-0.1122 + 0.2764i$$

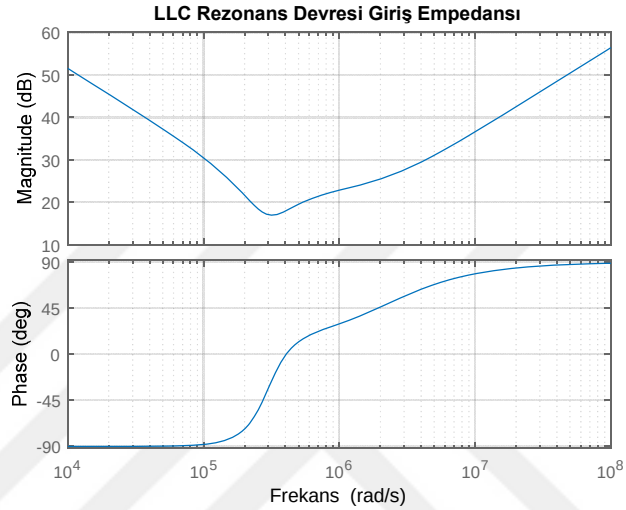
$$-0.1122 - 0.2764i$$

$$p = 1.0\text{e+}05 *$$

$$0$$

$$-3.3443$$

$$k = 6.6192\text{e-}06$$



LLC Devresi Çıkış Gerilimi

$$z = 1.0\text{e+}05 *$$

$$0$$

$$0$$

$$-3.3443$$

$$p = 1.0\text{e+}06 *$$

$$-2.1369 + 0.0000i$$

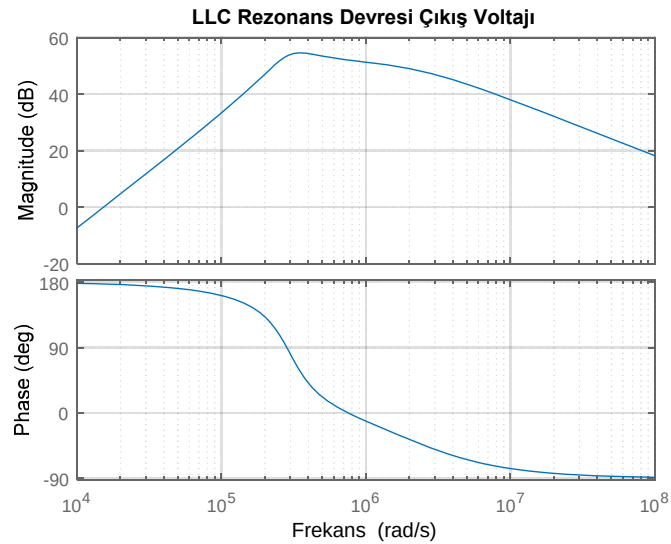
$$-0.3344 + 0.0000i$$

$$-0.1122 + 0.2764i$$

$$-0.1122 - 0.2764i$$

$$k = 8.1073\text{e+}08$$

$$\omega_n = 8.4535\text{e+}05$$



f=120 kHz

Cr = 221 nF Lr = 5.51 μ H Lm = 33.5 μ H Rac = 13.4160 Ω

LLC Devresi Giriş Empedansı

Zinput =

$$3.044\text{e-}18 \text{ s}^3 + 8.625\text{e-}12 \text{ s}^2 + 2.492\text{e-}06 \text{ s} + 1$$

$$5.518\text{e-}13 \text{ s}^2 + 2.215\text{e-}07 \text{ s}$$

Continuous-time transfer function.

$$z = 1.0\text{e+}06 *$$

$$-2.5642 + 0.0000i$$

$$-0.1346 + 0.3316i$$

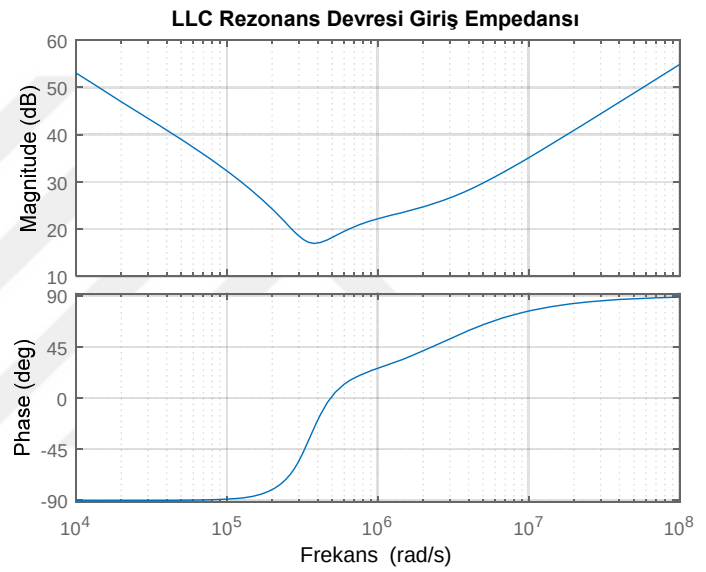
$$-0.1346 - 0.3316i$$

$$p = 1.0\text{e+}05 *$$

$$0$$

$$-4.0131$$

$$k = 5.5160\text{e-}06$$



LLC Devresi Çıkış Gerilimi

$$z = 1.0\text{e+}05 *$$

$$0$$

$$0$$

$$4.0131$$

$$p = 1.0\text{e+}06 *$$

$$-2.5642 + 0.0000i$$

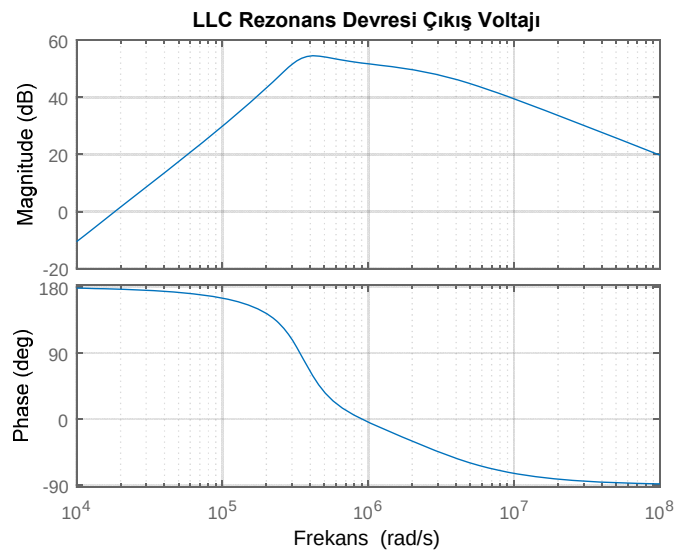
$$-0.4013 + 0.0000i$$

$$-0.1346 + 0.3316i$$

$$-0.1346 - 0.3316i$$

$$k = 9.7288\text{e+}08$$

$$wn = 1.0144\text{e+}06$$



24V Rezonans Bloğu

f=90 kHz

Cr = 73.3 nF Lr = 29.6 μH Lm = 179.4 μH Rac = 54 Ω

LLC Devresi Giriş Empedansı

Zinput =

$$\frac{7.215e-18 s^3 + 1.533e-11 s^2 + 3.322e-06 s + 1}{2.437e-13 s^2 + 7.336e-08 s}$$

Continuous-time transfer function.

z = 1.0e+06 *

-1.9232 + 0.0000i

-0.1010 + 0.2487i

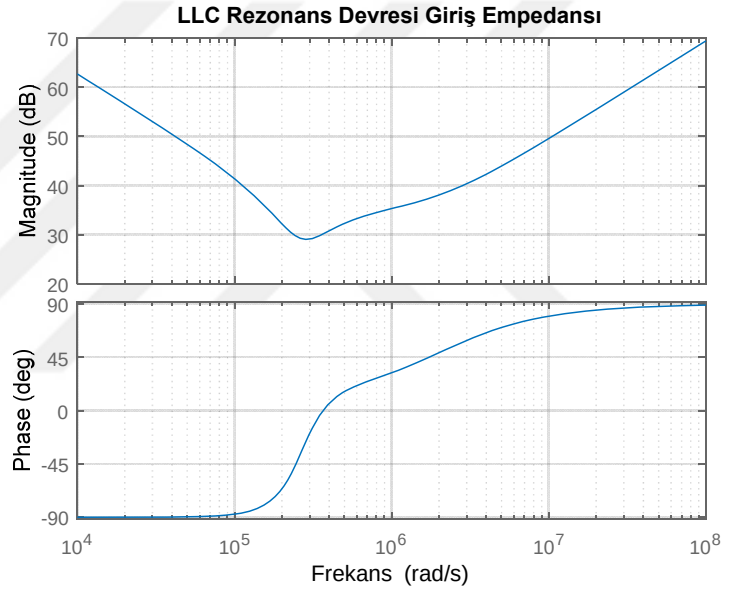
-0.1010 - 0.2487i

p = 1.0e+05 *

0

-3.0098

k = 2.9603e-05



LLC Devresi Çıkış Gerilimi

z = 1.0e+05 *

0

0

-3.0098

p = 1.0e+06 *

-1.9232 + 0.0000i

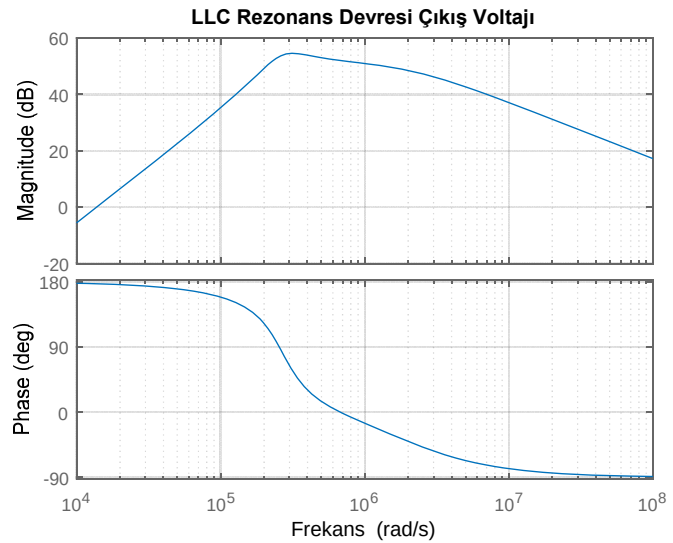
-0.3010 + 0.0000i

-0.1010 + 0.2487i

-0.1010 - 0.2487i

k = 7.2966e+08

wn = 7.6082e+05



f=100 kHz

Cr = 66 nF Lr = 26.6 µH Lm = 161.5 µH Rac = 54 Ω

LLC Devresi Giriş Empedansı

Zinput =

$$5.26e-18 s^3 + 1.242e-11 s^2 + 2.99e-06 s + 1$$

$$1.974e-13 s^2 + 6.602e-08 s$$

Continuous-time transfer function.

$$z = 1.0e+06 *$$

$$-2.1369 + 0.0000i$$

$$-0.1122 + 0.2764i$$

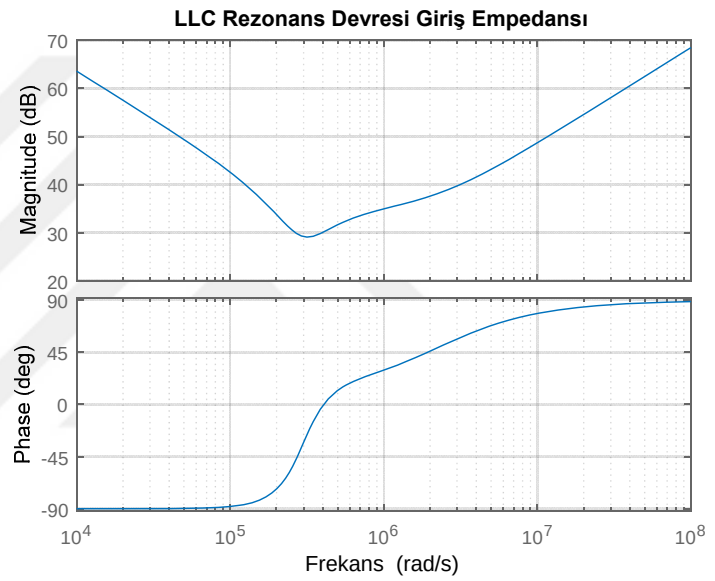
$$-0.1122 - 0.2764i$$

$$p = 1.0e+05 *$$

$$0$$

$$-3.3443$$

$$k = 2.6643e-05$$



LLC Devresi Çıkış Gerilimi

$$z = 1.0e+05 *$$

$$0$$

$$0$$

$$-3.3443$$

$$p = 1.0e+06 *$$

$$-2.1369 + 0.0000i$$

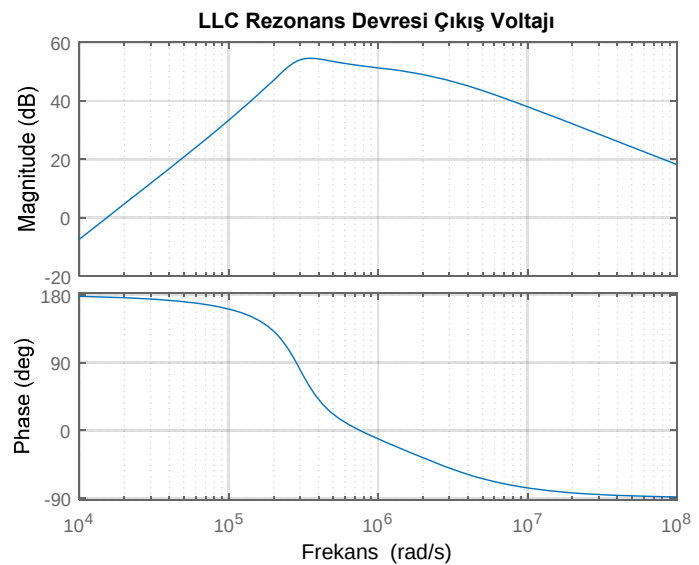
$$-0.3344 + 0.0000i$$

$$-0.1122 + 0.2764i$$

$$-0.1122 - 0.2764i$$

$$k = 8.1073e+08$$

$$wn = 8.4535e+05$$



f=120kHz

Cr = 55 nF Lr = 22.2 μH Lm = 134.5 μH Rac = 54 Ω

LLC Devresi Giriş Empedansı

Zinput =

$$3.044e-18 s^3 + 8.625e-12 s^2 + 2.492e-06 s + 1$$

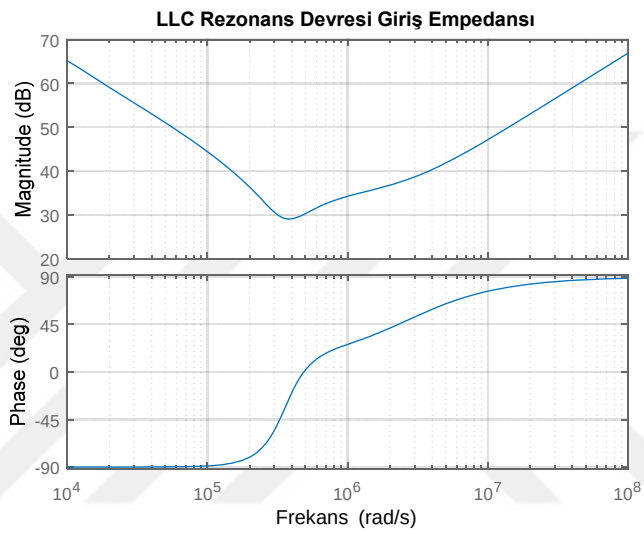
$$1.371e-13 s^2 + 5.502e-08 s$$

Continuous-time transfer function.

$$z = 1.0e+06 * \\ -2.5642 + 0.0000i \\ -0.1346 + 0.3316i \\ -0.1346 - 0.3316i$$

$$p = 1.0e+05 * \\ 0 \\ -4.0131$$

$$k = 2.2202e-05$$

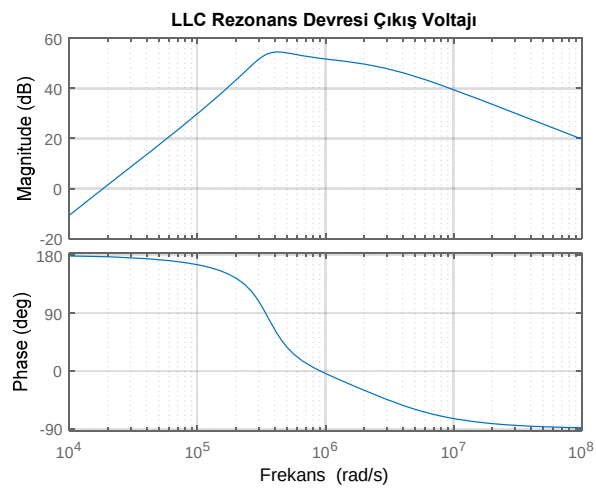


LLC Devresi Çıkış Gerilimi

$$z = 1.0e+05 * \\ 0 \\ 0 \\ -4.0131 \\ p = 1.0e+06 * \\ -2.5642 + 0.0000i \\ -0.4013 + 0.0000i \\ -0.1346 + 0.3316i \\ -0.1346 - 0.3316i$$

$$k = 9.7288e+08$$

$$wn = 1.0144e+06$$



f=120 kHz Yük=%10 azaltılmış

Cr,Lr ve Lm'de hesaplamalar ideal şart olan R=54 Ω'a göre yapılmış, simülasyon R=54*0.90'a göre çalıştırılmıştır.

C_r=55 nF L_r=22.2 μH L_m=134.5 μH R_{ac}=48.6Ω

LLC Devresi Giriş Empedansı

Z_{input} =

$$2.793e-19 s^3 + 8.625e-12 s^2 + 2.286e-07 s + 1$$

$$1.258e-14 s^2 + 5.502e-08 s$$

Continuous-time transfer function.

$$z = 1.0e+07 *$$

$$-3.0863 + 0.0000i$$

$$-0.0011 + 0.0340i$$

$$-0.0011 - 0.0340i$$

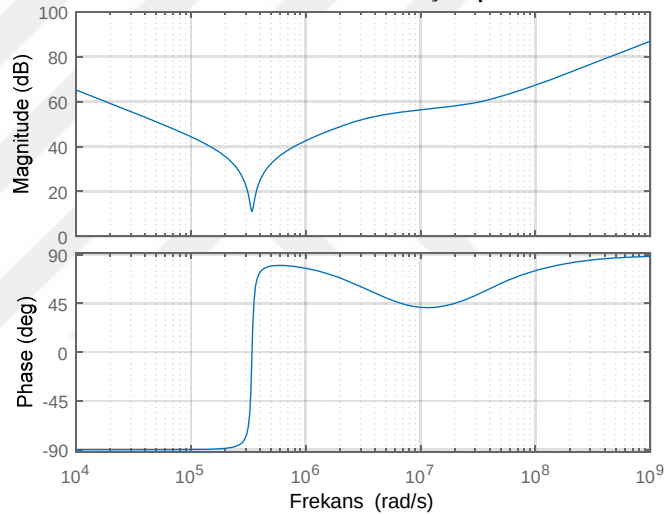
$$p = 1.0e+06 *$$

$$0$$

$$-4.3743$$

$$k = 2.2202e-05$$

LLC Rezonans Devresi Giriş Empedansı



LLC Devresi Çıkış Gerilimi

$$z = 1.0e+06 *$$

$$0$$

$$0$$

$$-4.3743$$

$$p = 1.0e+07 *$$

$$-3.0863 + 0.0000i$$

$$-0.4374 + 0.0000i$$

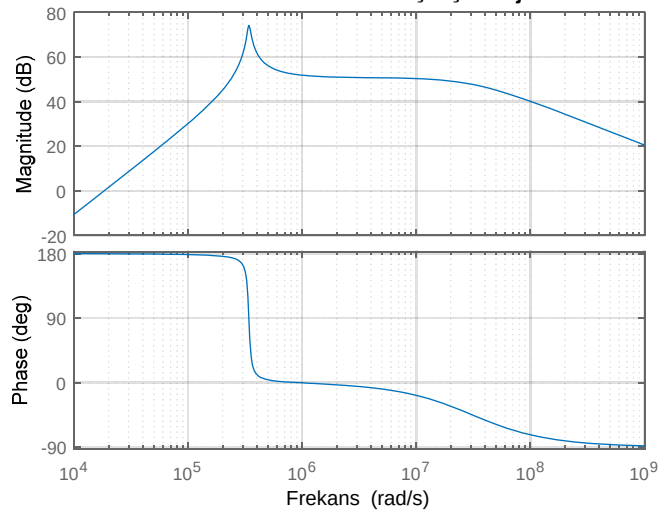
$$-0.0011 + 0.0340i$$

$$-0.0011 - 0.0340i$$

$$k = 1.0604e+10$$

$$wn = 1.1619e+07$$

LLC Rezonans Devresi Çıkış Voltajı



f=120 kHz Yk=%10 artırılmıştır

Cr,Lr ve Lm'de hesaplamalar ideal şart olan R=54 Ω'a göre yapılmış, simülasyon R=54*1.10'e göre alıştırılmıştır.

C_r=55 nF L_r=22.2 μH L_m=134.5 μH R_{ac} =59.4Ω

LLC Devresi Giriş Empedansı

Z_{input} =

$$2.767e-18 s^3 + 8.625e-12 s^2 + 2.265e-06 s + 1$$

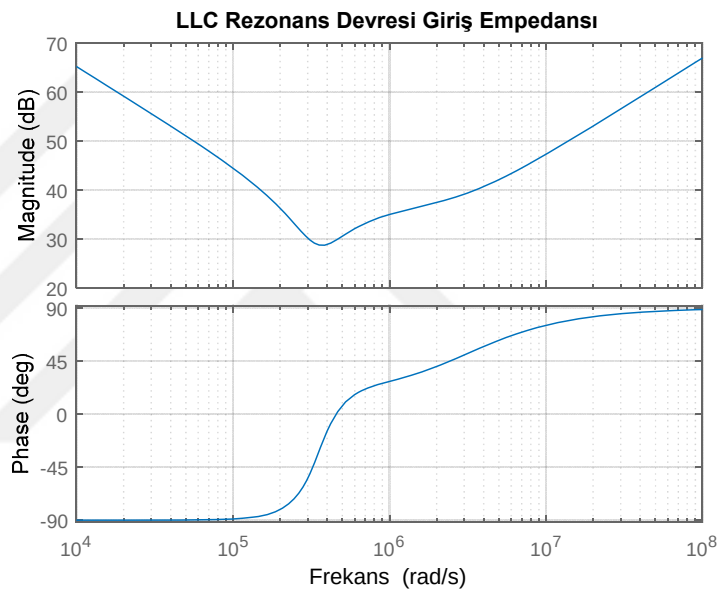
$$1.246e-13 s^2 + 5.502e-08 s$$

Continuous-time transfer function.

$$z = 1.0e+06 * \\ -2.8759 + 0.0000i \\ -0.1205 + 0.3334i \\ -0.1205 - 0.3334i$$

$$p = 1.0e+05 * \\ 0 \\ -4.4144$$

$$k = 2.2202e-05$$

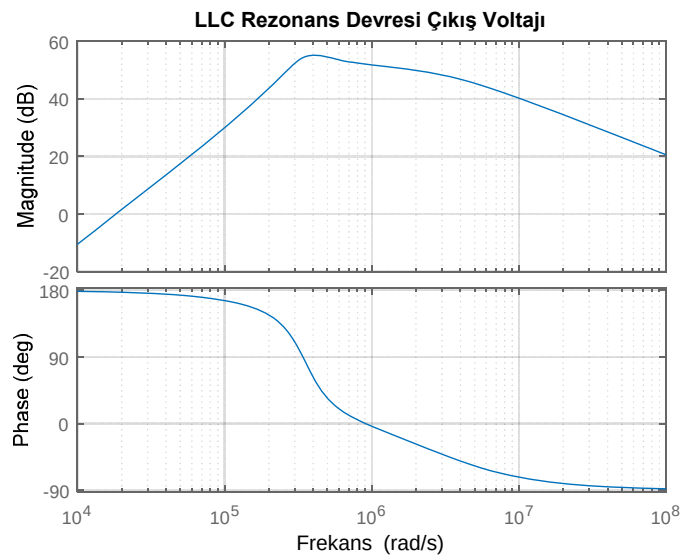


LLC Devresi ıkış Gerilimi

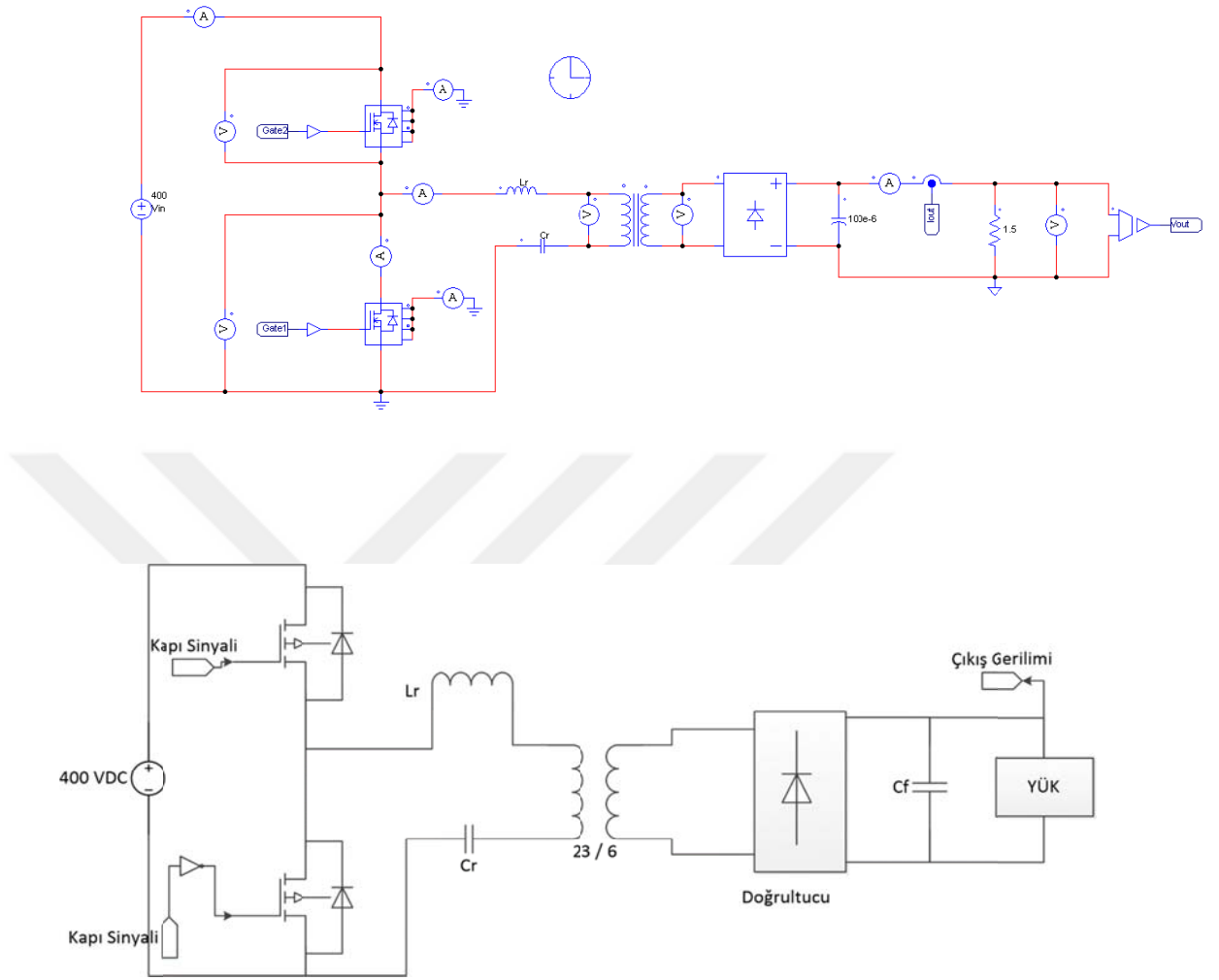
$$z = 1.0e+05 * \\ 0 \\ 0 \\ -4.4144 \\ p = 1.0e+06 * \\ -2.8759 + 0.0000i \\ -0.4414 + 0.0000i \\ -0.1205 + 0.3334i \\ -0.1205 - 0.3334i$$

$$k = 1.0702e+09$$

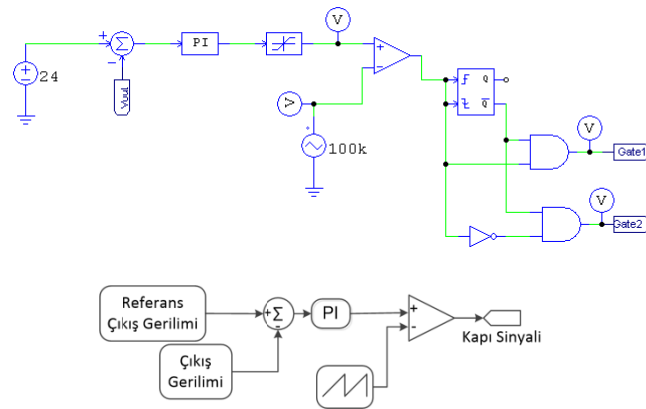
$$\omega_n = 1.1267e+06$$



Ek 3. Yarım köprü LLC rezonant dönüştürücü PSIM devre simülasyonu



Şekil Ek3.1 Simülasyon (PSIM) ortamında devrenin görüntüsü genel blok diyagramı



Şekil Ek3.2 Geri besleme devresi PSIM görüntüsü ve genel blok diyagramı

Manufacturer: Fairchild Semiconductor Part Number: FDP18N50

Package: Discrete (n channel) Style:

Absolute Maximum Ratings
VDS,max (V): 500 ID,max (A): 18 TJ,max (oC): 150

Electrical Characteristics - Transistor

Test Conditions:		Test Conditions:	
RDS(on) (ohm): 0.22	VGS: 10	Qg (nC): 45	VDS: 400
	ID: 9	Qgs (nC): 12.5	VGS: 10
VGS(th) (V): 5	ID: 0.00025	Qgd (nC): 19	ID: 18
gfs (S): 25	VDS: 40	Ciss (pF): 2200	VDS: 25
	ID: 9	Coss (pF): 330	VGS: 0
tr (ns): 165	VDS: 250	Cres (pF): 25	Freq (MHz): 1
tf (ns): 90	ID: 18		
RG (ohm): 25			

Note: In all "Test Conditions", VDS and VGS are in volt, and ID is in ampere.

Electrical Characteristics - Diode

Test Conditions:		Test Conditions:	
trr (ns): 500	IF (A): 18		
Qrr (uC): 5.4	di/dt (A/us): 100		
	TJ (oC): 25		

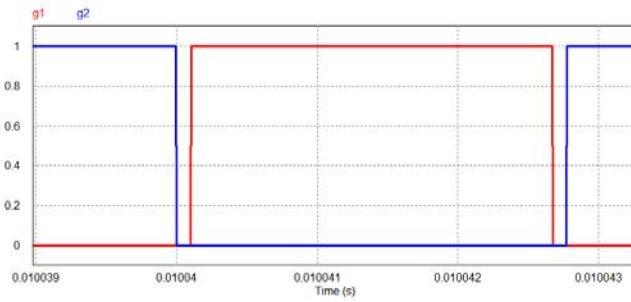
Thermal Characteristics

Rth(j-c): 0.53	Rth(c-a): 62.5
(all in oC/W)	

Dimensions and Weight

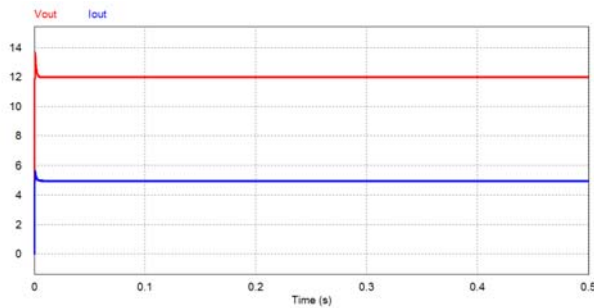
Length (mm): 16	Width (mm): 10
Height (mm): 4.7	Weight (g): 1

Şekil Ek3.3Kullanılan MOSFET'in PSIM içerisinde tanımlanması

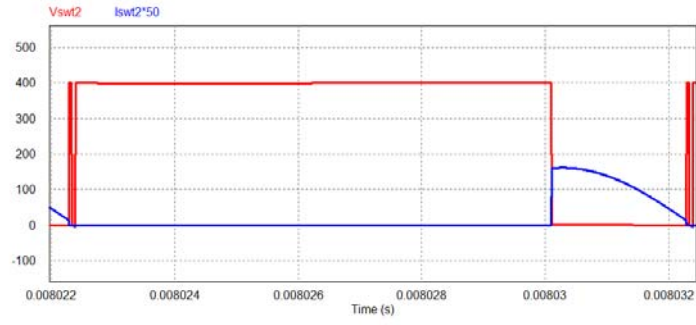


Şekil Ek3.4 Kapı sürme devresi için ölü zaman(dead time)

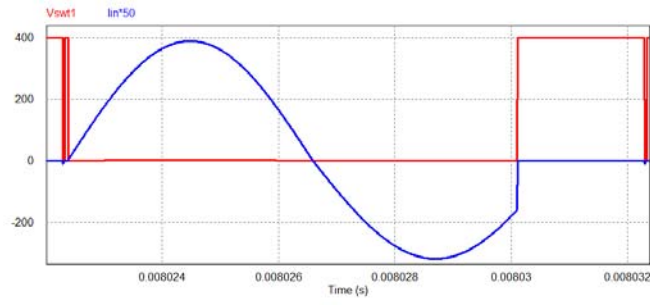
12 V Rezonans Devresi İçin Sonuçlar



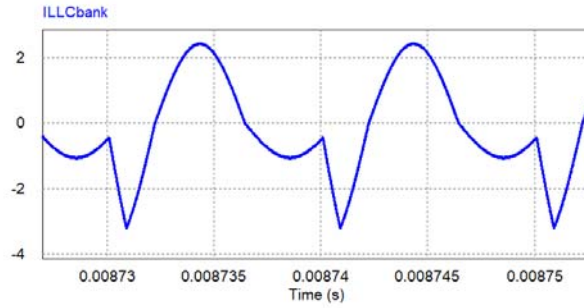
Şekil Ek3.5 12V/5A Rezonans devre için çıkış gerilim ve akım grafiği



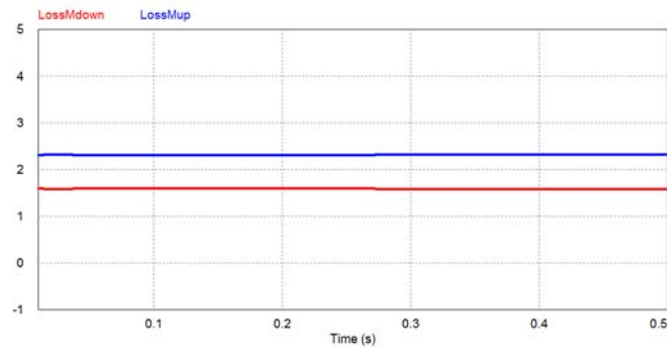
Şekil Ek3.6 Mosfet 1 için anahtarlama anında I-V Grafiği (Akım 50x Büyütülmüş)



Şekil Ek3.7 Mosfet 2 için anahtarlama anında I-V Grafiği (Akım 50x Büyütülmüş)



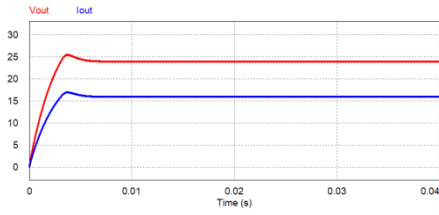
Şekil Ek3.8 12V/5A tam yük altında LLC tank akımı



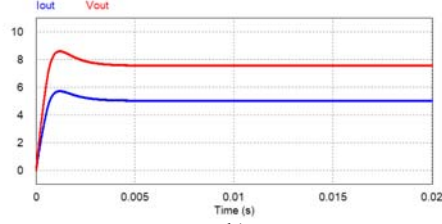
Şekil Ek3.9 Mosfet1 ve Mosfet2 anahtarlama kayıpları

24 V İçin Sonuçlar:

Çıkış Gerilim ve Akımı (24 V 16 A):



a)

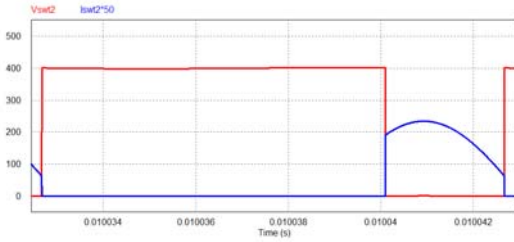


b)

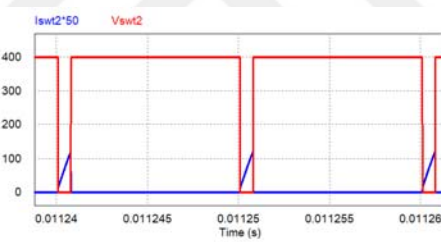
Şekil Ek3.10 24V/16A Rezonans devre için a) Tam yük için çıkış gerilim ve akım grafiği

b) %10 yük için çıkış gerilim ve akım grafiği

24V çıkış tarafında tam yük altında modülasyon % 25.75 olarak görülmektedir. Anahtar üzerindeki akım ve gerilimin aynı anda görülebilmesi için akım 50 kat büyütülerek gösterilmektedir. 24V çıkış tarafında %10 yük altında modülasyon % 7 olarak görülmektedir.



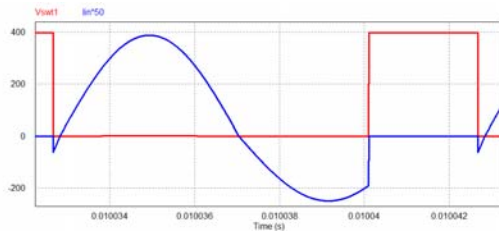
a)



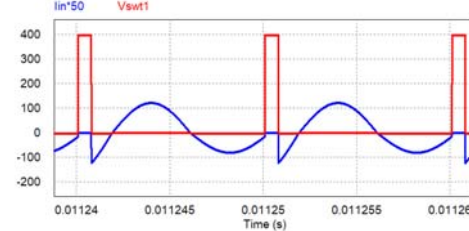
b)

Şekil Ek3.11 Mosfet 2 için anahtarlama anında I-V Grafiği (Akım 50x Büyütülmüş)

a) Tam yük için b) %10 yük için



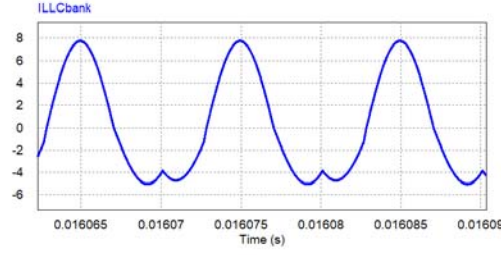
a)



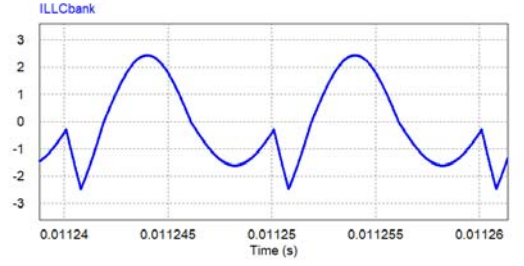
b)

Şekil Ek3.12 Mosfet 1 için anahtarlama anında I-V Grafiği (Akım 50x Büyütülmüş)

a) Tam yük için b) %10 yük için

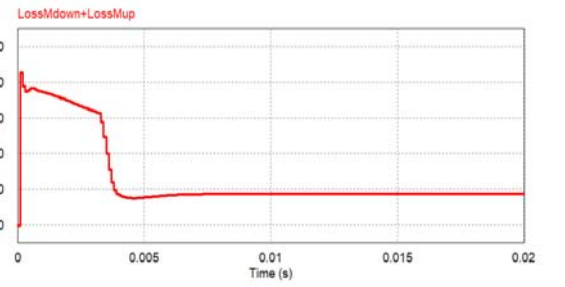
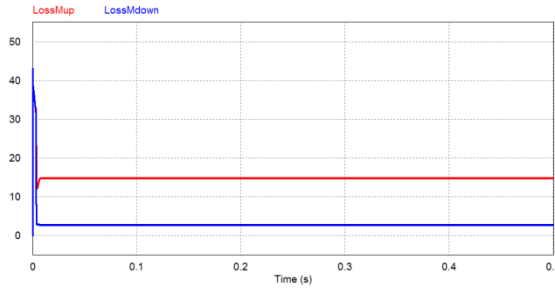


a)



b)

Şekil Ek3.13: 24V, 16A tam yük altında LLC tank akımı a) Tam yük için b) %10 yük için

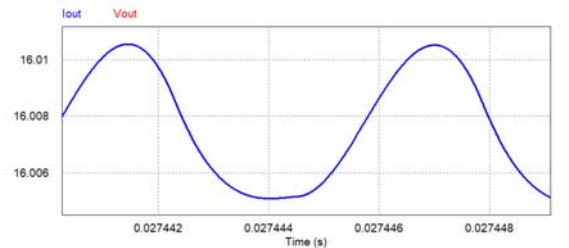
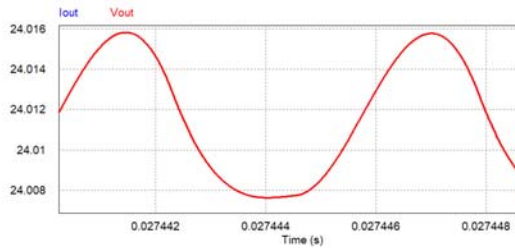


Şekil Ek3.14 100kHz anahtarlama frekansında Mosfet1 ve Mosfet2 anahtarlama kayıpları

100 kHz anahtarlama frekansında MOSFET1 ve MOSFET2 gövde diyotu üzerindeki anahtarlama ve iletim kayıpları Şekil Ek3.14'te verilmiştir. Akım ve gerilim dengeye ulaştığında her iki anahtarın üzerindeki toplam akım değeri 17.75W olarak hesaplanmıştır.

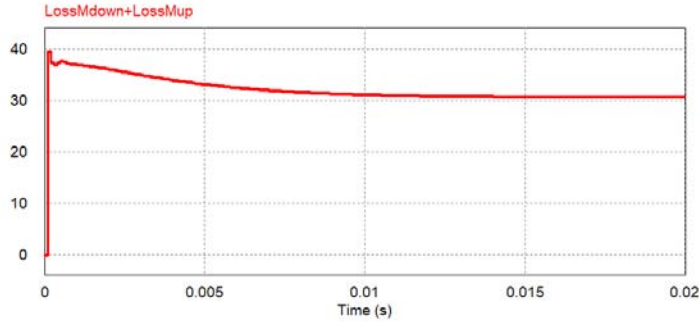
Anahtarlama Frekans Değişiminin Etkisi

Anahtarlama frekansı 90 kHz olarak değiştirildiğinde gerilim ve akım üzerindeki dalgalanma Şekil Ek3.15'de görüldüğü gibi artmaktadır.



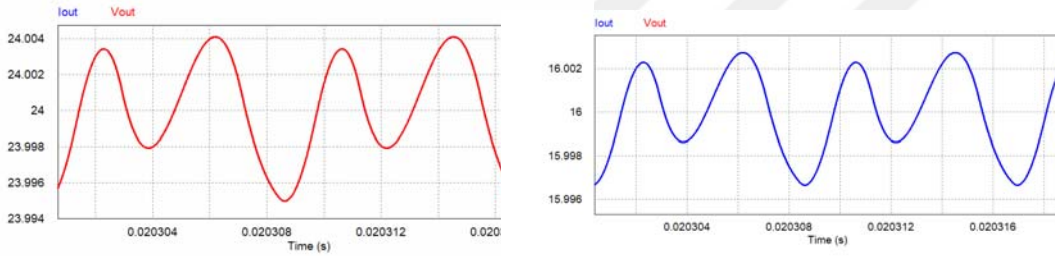
Şekil Ek3.15. 90 kHz anahtarlama frekansında çıkış gerilim ve akımı üzerindeki dalgalanma

Buna ek olarak anahtarlar üzerindeki toplam kayıp 30.73W olarak ölçülmüştür.



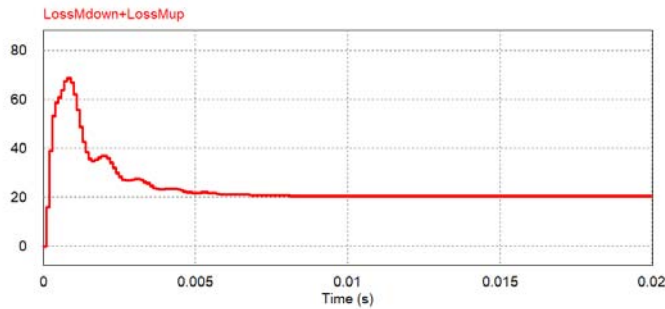
Şekil Ek3.16. 90 kHz anahtarlama frekansında MOSFET+gövde Diyotu anahtarlama ve iletim kayıpları toplama

Anahtarlama frekansı 120 kHz'e arttırıldığında gerilim ve akım üzerindeki dalgalanma Şekil Ek3.17'de görüldüğü üzere azalmaktadır,.



Şekil Ek3.17. 120 kHz anahtarlama frekansında çıkış gerilim ve akımı üzerindeki dalgalanma

Fakat anahtarlama frekansının arttırılması aynı zamanda anahtarlama kayıplarında artış meydana gelmesine de sebep olabilir(Şekil Ek3.18). Anahtarlama frekansı 120 kHz'e arttırıldığında toplam kayıp 20.60W olarak hesaplanmıştır.



Şekil Ek3.18. 120 kHz anahtarlama frekansında MOSFET+gövde diyotu anahtarlama ve iletim kayıpları toplama