

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ELEKTRİK MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TS EN 746-2 STANDARTLARINA GÖRE YAKMANIN
SAĞLANMASI AMACIYLA BRÜLÖR KONTROL ÜNİTESİNİN
TASARLANMASI VE GELİŞTİRİLMESİ

MERGENGELDI AKMYRADOV

KOCAELİ 2022

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ELEKTRİK MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TS EN 746-2 STANDARTLARINA GÖRE YAKMANIN
SAĞLANMASI AMACIYLA BRÜLÖR KONTROL
ÜNİTESİNİN TASARLANMASI VE GELİŞTİRİLMESİ

MERGENGELDI AKMYRADOV

Doç. Dr. Ersoy KELEBEKLER

Danışman, Kocaeli Üniversitesi

.....

Doç. Dr. Ali ÇALHAN

Jüri Üyesi, Düzce Üniversitesi

.....

Doç. Dr. Ersoy BEŞER

Jüri Üyesi, Kocaeli Üniversitesi

.....

Tezin Savunulduğu Tarih: 20.06.2022

ETİK BEYAN VE ARAŞTIRMA FONU DESTEĞİ

Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez/proje çalışmada,

- Bu tezin/projenin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu,
- Çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı,
- Bu çalışma kapsamında elde edilen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi,
- Bu çalışmanın Kocaeli Üniversitesi'nin abone olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Fen Bilimleri Enstitüsü'nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun olduğunu,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Tezin/Projenin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez/proje çalışması olarak sunmadığımı beyan ederim.

☒ Bu tez/proje çalışmasının herhangi bir aşaması hiçbir kurum/kuruluş tarafından maddi/alt yapı desteği ile desteklenmemiştir.

☐ Bu tez/proje çalışması kapsamında üretilen veri ve bilgiler tarafından no'lu proje kapsamında maddi/altyapı desteği alınarak gerçekleştirilmiştir.

Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçları kabul ettiğimi bildiririm.

Mergengeldi AKMYRADOV

YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI

Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından onaylanan lisansüstü tezimin/projemin tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda belirtilen koşullarla kullanıma açma izninin Kocaeli Üniversitesi'ne verdiğimi beyan ederim. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin/projemin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanımı bana ait olacaktır. Tezin/projenin kendi özgün çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin/projenin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanılması zorunlu metinlerin yazılı izin alarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

Yükseköğretim kurulu tarafından yayınlanan **“Lisanüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge”** kapsamında tezim aşağıda belirtilen koşullar haricinde YÖK Ulusal Tez Merkezi/ Kocaeli Üniversitesi Kütüphaneleri Açık Erişim Sisteminde erişime açılır.

☐ Enstitü yönetim kurulu kararı ile tezimin/projemin erişime açılması mezuniyet tarihinden itibaren 2 yıl ertelenmiştir.

☐ Enstitü yönetim kurulu gerekçeli kararı ile tezimin/projemin erişime açılması mezuniyet tarihinden itibaren 6 ay ertelenmiştir.

☒ Tezim/projem ile ilgili gizlilik kararı verilmemiştir.

Mergengeldi AKMYRADOV

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Standartların gözetilerek brülör kontrol ünitesi tasarımı sürecinde bana desteklerini esirgemeyerek literatüre böyle bir çalışma kazandırma konusunda büyük pay sahibi olan Sayın Doç. Dr. Ersoy KELEBEKLER hocama teşekkür ederim. Ayrıca yakma sistemleri konusunda bana kattıkları değerlerden ötürü Önder Mühendislik ailesine, hayatım boyunca bana desteklerine esirgemeyen anneme, babama ve değerli eşim Hazel TUNÇ AKMYRADOV' a sonsuz minnet duygularımı sunarım.

Mayıs-2022

Mergengeldi AKMYRADOV



İÇİNDEKİLER

ETİK BEYAN VE ARAŞTIRMA FONU DESTEĞİ	i
YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI	ii
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
TABLolar DİZİNİ.....	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	ix
ÖZET	x
ABSTRACT	xi
1. GİRİŞ	1
2. ENDÜSTRİYEL YAKMA SİSTEMLERİ ANA HATLARI VE BRÜLÖR KONTROL ÜNİTELERİ	4
2.1. Endüstriyel Yakma Sistemlerinin Ana Hatları	4
2.2. Gaz Giriş Hattı	5
2.3. Hava Giriş Hattı	8
2.4. Yakıcı Kontrol Hattı	9
2.5. Proses Kumanda Sistemi	11
2.6. Brülör Kontrol Ünitesi Çeşitleri ve Brülör Kontrol Ünitesi Seçerken Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar	12
2.6.1. Brülör Kontrol Ünitesi Zaman Diyagramları	14
2.6.2. Brülör Kontrol Ünitesi Seçim Kriterleri, Uygulama Örneği ve Elektrik Şemasının Detaylandırılması.....	16
2.7. TS EN 746-2 Standardına Göre Brülör Kontrol Ünitesinin Çalışma Şekli	18
2.7.1. TS EN 746-2' ye Göre Emniyet Süresi	18
2.7.2. TS EN 746-2' ye Göre Başlatma, Yakıt Akış Hızı, Ateşleme ve Alev Arızası.....	19
2.7.2.1. Başlatma.....	19
2.7.2.2. Yakıt Akış Hızı	19
2.7.2.3. Ateşleme	20
2.7.2.4. Alev Arızası	20
2.7.3. Otomatik Brülör Kontrol Sistemleri.....	20
2.7.3.1. Genel	20
2.7.3.2. Düşük Sıcaklık Teçhizatı	21
2.7.3.3. Yüksek Sıcaklık Teçhizatı	21
2.7.3.4. Açık Havada Çalışan Brülörler İçin Otomatik Brülör Kontrol Sistemleri.....	21
3. EN 298 STANDARDI DETAYLARI.....	22
3.1. Tanımlamalar	22
3.1.1. Alev Denetleme Cihazı	22
3.1.2. Bağımsız Alev Denetleme Cihazı	22
3.1.3. Alev Sensörü	22
3.1.4. Kapatma Valfi	22
3.1.5. Alev Hatası Tepki Süresi.....	22
3.1.6. Alev Hatası Tespit Süresi	22
3.1.7. Alev Değeri	23
3.1.8. Alev Sinyali.....	23

3.1.9. Alev Simülasyonu	23
3.1.10. Programlama Ünitesi	23
3.1.11. Otomatik Brülör Kontrol Ünitesi	23
3.1.12. Start Pozisyonu ve Start Sinyali	23
3.1.13. Süpürme.....	23
3.1.14. Birinci ve İkinci Emniyet Süresi	24
3.1.15. Sistem Devrede, Kontrollü Kapatma, Emniyetli Kapatma	24
3.1.16. Sistem Arızası.....	24
3.1.17. Ateşleme Tekrarı	24
3.1.18. Bekleme Zamanı, Süpürme Zamanı	24
3.1.19. Başlatma Sırası, İlk Aşama, İkinci Aşama, Kesikli Çalışma, Sürekli Çalışma	25
3.1.20. Pilot Brülör İle Ateşleme, Pilot Brülör Olmaksızın Ateşleme	25
3.1.21. Toplam Ateşleme Süresi	25
3.2. Yapısal Gereksinimler	26
3.2.1. Genel	26
3.2.2. Bir Muhafaza Tarafından Sağlanan Koruma.....	26
3.2.3. Elektriksel Komponentlerin Performansı ve Testi	26
3.2.4. Tasarım ve Muhafaza Gerekliklikleri.....	27
3.2.5. İlk Arıza.....	27
3.3. Elektronik Kontroller İçin Performans Testi	27
3.3.1. Ortam Sıcaklığı Testi.....	27
3.3.2. Düşük Sıcaklık Testi ve Yüksek Sıcaklık Testi	28
3.4. Elektronik Kontrolcü İçin Uzun Dönem Performans Testi	28
3.4.1. Termal Stres Testi	28
3.4.2. Titreşim Testi	28
3.5. Fonksiyonel Gereksinimler.....	28
3.5.1. Genel	28
3.5.2. Program	29
3.5.3. Güvenlik Eylemleri	29
3.5.4. Alev Arızası.....	29
3.5.5. Yeniden Çalışma	30
3.5.6. Ateşleme Tekrarı	30
3.5.7. Başlatma Sırasında Diğer Harici Cihazların Denetimi.....	30
3.5.8. Emniyet Kapatmasının Ardından Başlatma	30
3.5.9. Alev Simülasyonuna Veya Harici Aleve Karşı Güvenlik	30
3.5.10. Hava Isıtıcıları İçin Brülör Kontrol Sistemleri.....	31
3.6. Zamanlar ve Operasyonel Adımlar	31
3.6.1. Süpürme ve Beklemesi Süreleri	31
3.6.2. Pilot Brülörsüz Ateşleme, Pilot Brülör Tarafından Sağlanan Ateşleme	31
3.6.3. Emniyet Süreleri.....	31
3.6.4. Alev Arızası Tepki Süresi	32
3.6.5. Emniyetli Kapatma Tepki Süresi	32
3.6.6. Arızaya Geçme Tepki Süresi.....	32
3.6.7. Alev Arızası Algılama Süresi.....	32
3.6.8. Alev Algılama Cihazı.....	32
3.6.9. Alev Algılama Cihazları İçin Özel Gereksinimler	32

3.6.10. Kilitleme İşlevi	33
3.7. Elektromanyetik Uyumluluk (EMC)/ Elektriksel Gereklilikler	33
3.7.1. Çevresel Etkilere Karşı Koruma.....	33
3.7.2. Anma Geriliminin %85'inin Altındaki Besleme Gerilimi	
Değişimleri	34
3.7.3. Kısa Süreli Voltaj Kesintileri ve Düşüşleri	34
3.7.4. Besleme Frekansı Varyasyonları.....	35
3.7.4.1. %2' ye Kadar Varyasyon	35
3.7.4.2. %2-%5 Aralığında Varyasyon	35
3.7.5. Dalgalanma Bağışıklık Testi	35
3.7.6. Elektriksel Hızlı Geçici/ Patlama Bağışıklık Testi.....	36
3.7.7. İletim Yollu Bağışıklık Testi,.....	36
3.7.8. Işımayla Bağışıklık Testi.....	36
3.7.9. Statik Elektrik Deşarjı Testi	37
3.7.10. Güç Frekansı Manyetik Alan Bağışıklık Testi	37
3.7.11. Elektriksel Gereklilikler	37
3.8. Etiketleme, Kurulum ve Kullanım Kılavuzu	37
3.8.1. İşaretleme	37
3.8.2. Kurulum ve Kullanım Kılavuzu	38
4. STM 32 MİKRODENETLEYİCİSİ VE OLED LCD EKRAN.....	40
4.1. Mikrodenetleyici Mimarisi	40
4.2. Mikrodenetleyici Seçimi	42
4.3. STM32F103C8T6 Mikrodenetleyicisi Özellikleri.....	43
4.4. 128x64 0.96 Inch Oled Grafik Lcd Ekran - SSD1306.....	44
5. BRÜLÖR KONTROL ÜNİTESİ, ALEV SENSÖRÜ TASARIMI VE	
KULLANIM KILAVUZU	45
5.1. Mikrodenetleyici Port Tanımlamaları ve Görevleri.....	45
5.2. İyonizasyon Elektrodu ve Alevin Okunması	46
5.3. I2C Haberleşme Protokolü.....	47
5.4. Alev Sensörünün Tasarımı.....	48
5.5. Brülör Kontrol Ünitesi Tasarımı	50
5.5.1. Modül Beslemesi.....	50
5.5.2. Bağlantı Klemensleri, Butonlar ve Harici Sensör Aktivasyonu.....	52
5.5.3. Çıkış Bağlantıları.....	53
5.6. Brülör Kontrol Ünitesi Kullanım Kılavuzu	55
5.6.1. Brülör Kontrol Ünitesi, Alev Sensörü Komponentleri Tanıtımı	55
5.6.2. Brülör Kontrol Ünitesi ve Alev Sensörü Elektrik Şeması.....	57
5.6.3. Durum Bildirimleri ve Hata Kodları	58
5.6.4. Brülör Kontrol Ünitesi Ayarları	60
5.6.5. Brülör Kontrol Ünitesi ve Alev Sensörünün Çalıştırılması.....	61
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	64
KAYNAKLAR.....	66
KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER.....	68
ÖZGEÇMİŞ.....	69

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1.	Yakma Sisteminin Ana Hatları.....	5
Şekil 2.2.	Gaz Giriş Hattı.....	5
Şekil 2.3.	Gaz Giriş Hattının P&ID Diyagramı.....	6
Şekil 2.4.	Hava Giriş Hattı.....	8
Şekil 2.5.	Yakıcı Kontrol Hattı.....	9
Şekil 2.6.	Proses Kumanda Sistemi.....	11
Şekil 2.7.	Brülör Kontrol Ünitelerinin Gruplandırılması.....	12
Şekil 2.8.	Zaman Diyagramı.....	14
Şekil 2.9.	t _{SA} Süresine Bağlı t _z Süresi.....	15
Şekil 2.10.	t _{SB} Süresi.....	15
Şekil 2.11.	Tek Yakıcı Yakma Sistemi Bağlantı Şeması.....	16
Şekil 2.12.	IFD 258 Elektrik Bağlantı Şeması.....	17
Şekil 2.13.	IFD 258 Çalışma Algoritması.....	18
Şekil 2.14.	Başlatma Emniyet Süresi.....	19
Şekil 4.1.	Mikrodenetleyici Mimarisi	40
Şekil 4.2.	Von Neuman Mimarisi.....	41
Şekil 4.3.	Harvard Mimarisi	42
Şekil 4.4.	STM32F103C8T6 Mikrodenetleyicisinin Pin Diyagramı.....	43
Şekil 5.1.	STM32F103C8T6 Mikrodenetleyicisinin Port Tanımlamaları.....	45
Şekil 5.2.	İyonizasyon Elektrodu Çalışma Prensibi	47
Şekil 5.3.	I2C Haberleşmesi.....	48
Şekil 5.4.	Alev Sensörü Bağlantı Şeması.....	49
Şekil 5.5.	ADC Modülü.....	50
Şekil 5.6.	12V.DC Güç Kaynağı Bağlantı Şeması.....	51
Şekil 5.7.	5V.DC Güç Kaynağı Bağlantı Şeması.....	51
Şekil 5.8.	3.3V.DC Güç Kaynağı Bağlantı Şeması.....	52
Şekil 5.9.	Buton, Siviç ve Konnektör Bağlantı Şeması.....	52
Şekil 5.10.	Çıkış Bağlantılarının Şeması.....	54
Şekil 5.11.	Çıkış LED Bağlantılarının Şeması.....	54
Şekil 5.12.	Brülör Kontrol Ünitesi Komponentleri.....	55
Şekil 5.13.	Brülör Kontrol Ünitesi Soket Tanımlamaları.....	56
Şekil 5.14.	Harici/ Dahili Sensör Seçim Sivici	56
Şekil 5.15.	Alev Sensörü Tanımlamaları.....	57
Şekil 5.16.	Brülör Kontrol Ünitesi Elektrik Bağlantı Şeması.....	58
Şekil 5.17.	Alev Sensörü Elektrik Bağlantı Şeması.....	58
Şekil 5.18.	OLED Ekran Uyarı Kodları-1.....	59
Şekil 5.19.	OLED Ekran Uyarı Kodları-2.....	59
Şekil 5.20.	OLED Ekran Uyarı Kodları-3.....	60
Şekil 5.21.	OLED Ekran Ayarlar Menüsü-1.....	61
Şekil 5.22.	OLED Ekran Ayarlar Menüsü-2.....	61
Şekil 5.23.	Pilot Bek Uygulaması Dahili Alev Sensörlü Elektrik Bağlantı Şeması.....	62
Şekil 5.24.	Pilot Bek Uygulaması Harici Alev Sensörlü Elektrik Bağlantı Şeması.....	63

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 4.1	STM32F103C8T6 Mikrodenetleyicisi Özellikleri.....	43
-----------	---	----



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

A	: Akım (Amper)
Hz :	: Frekans birimi (Hertz)
kW/h :	: Saate tüketilen Güç (Kilowat)
mbar	: Basınç Birimi (Milibar)
V	: Gerilim (Voltaj)
μ	: Mikro
Ω	: Direnç birimi (Ohm)

Kısaltmalar

AC	: Alternative Current (Alternatif Akım)
D	: Derinlik
DC	: Direct Current (Doğru Akım)
EF	: External Flame (Harici Alev)
FD	: Flame Detected (Alev Algılandı)
G	: Genişlik
IA	: Ignition Attempt
PB	: Period Blockage (Periyot Blokajı)
S	: Saniye
ST	: Swichoff Treshold (Alev Eşik Değeri)
STAS	: Safety Time At Start Up (Başlangıç Emniyet Süresi)
STDO	: Safety Time During Start Up (Çalışma Emniyet Süresi)
Y	: Yükseklik
WLE	: Air Heater (Hava Isıtıcısı)

TS EN 746-2 STANDARTLARINA GÖRE YAKMANIN SAĞLANMASI AMACIYLA BRÜLÖR KONTROL ÜNİTESİNİN TASARLANMASI VE GELİŞTİRİLMESİ

ÖZET

Bu çalışmada Yanma ve Yakıtla Çalışan Sistemler İçin Güvenlik Kuralları standardı TS EN 746-2 ve Gaz veya Sıvı Yakan Cihazlar ve Fırınlara İçin Otomatik Bek Kumanda Sistemleri standardı EN 298 gereklilikleri ve endüstride kullanılan çeşitli yakma sistemlerinin özellikleri referans alınarak brülör kontrol ünitesi tasarlanmış ve gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla çalışmada Endüstriyel Yakma Sistemlerinin ana yapısı sunulmuş ve endüstride kullanılan farklı markalara ait brülör kontrol üniteleri incelenmiştir. Gerçekleştirilen brülör kontrol ünitesi tasarımının endüstride kullanılabilmesi amacıyla brülör kontrol ünitesi sistemleri için referans olan TS EN 746-2 ve ilgili standardın referans aldığı EN 298 standartlarının tasarım için kritik olan başlıkları çalışma içinde sunularak sistemin tasarımı ilgili gereklilikler ışığında yapılmış ve sistem üretilmiştir. Çalışmada tasarlanan brülör kontrol ünitesi, kontrol ünitesi ve alev sensörü ünitesi olmak üzere 2 kısımdan oluşmaktadır. Tasarlanan brülör kontrol ünitesi STM32F103C8T6 serisi mikrodenetleyici kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Tasarlanan kart 3 boyutlu yazıcı ile tasarlanan bir kutunun içine monte edilmiştir. Kutu üzerinde brülör kontrol ünitesine akupile olarak çalışan bir OLED ekran, 2 adet buton ve 3 adet soket mevcuttur. Sistemdeki arıza durumlarının, çalışma bildirimlerinin tamamı OLED ekranı üzerinden görülebilmektedir. İstenildiği takdirde cihaz üzerinde yer alan start ve reset butonları ile OLED ekran üzerinden istenilen parametre görüntülenebilmekte ve TS EN 746-2 ve EN 298 standartlarının gereklilikleri olan güvenlik süreleri kontrol edilecek brülör ünitesine bağlı olarak ayarlanabilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Brülör Kontrol Ünitesi, Fırın, Gaz, Yakma Sistemleri, Yakma.

DESIGN AND DEVELOPMENT OF BURNER CONTROL UNIT TO PROVIDE COMBUSTION ACCORDING TO TS EN 746-2 STANDARD

ABSTRACT

In this study, the burner control unit was designed and realized with reference to the requirements of the Safety Rules for Combustion and Fuel Operated Systems standard TS EN 746-2 and the Automatic Burner Control Systems for Gas or Liquid Burning Devices and Furnaces standard EN 298 and the features of various combustion systems used in the industry. For this purpose, the main structure of Industrial Combustion Systems has been presented and the burner control units of different brands used in the industry have been examined. In order for the realized burner control unit design to be used in industry, TS EN 746-2, which is the reference for burner control unit systems, and EN 298 standards, which are referenced by the relevant standard, are presented in the study, and the design of the system has been made in the light of the relevant requirements and the system has been produced. The burner control unit designed in the study consists of 2 parts, the control unit and the flame sensor unit. The designed burner control unit is implemented using STM32F103C8T6 series microcontroller. The designed card is mounted inside a box designed with a 3D printer. There is an OLED display, 2 buttons and 3 sockets working in conjunction with the burner control unit on the box. All fault conditions and operating notifications in the system can be seen on the OLED screen. If desired, the desired parameter can be displayed on the OLED screen with the start and reset buttons on the device, and the safety times, which are the requirements of TS EN 746-2 and EN 298 standards, can be adjusted depending on the burner unit to be controlled.

Keywords: Burner Control Unit, Furnace, Gas, Combustion Systems, Combustion,

1. GİRİŞ

Brülör kontrol üniteleri belli standartlar gözetilerek insan sağlığına ve çevreye zarar vermemek için yanmanın gözetilmesi amacıyla kullanılması gereken elektronik teçhizatlardır (Gonçalver ve diğ., 2001). Bahse konu brülör kontrol ünitelerinin endüstriyel fırın uygulamalarında, kombilerde sıkça kullanıldığı görülmektedir. Buna karşın endüstride yerli ürünlere pek fazla rastlanılmamaktadır. Çoğunlukla yabancı menşeli ürünler kullanılmaktadır. Yerli ürünlerin yeteri kadar kullanılmamasının sebebi yabancı menşeli rakiplerine göre yetersiz kalmasıdır. Kıyaslamak gerekirse yerli ürünlerin fiyatı yabancı ürünlerin fiyatlarından bir miktar daha uygundur. Ancak yabancı menşeli ürünlerinin fiyatlarının pahalı olmasına karşın, teknik dokümanları ciddi oranda iyidir. Bu da kaliteyi doğurmaktadır. Yerli ürünler teknik doküman konusunda maalesef bazı noktalarda yetersiz kalmaktadır. Endüstride fiyattan önce kendini kanıtlamış olmak gereklidir. Ürünler her ne kadar ürün pahalı olursa olsun kalite özellikle verilerle kanıtlanmış kalite çok önemlidir. Bu araştırma sonrası literatüre böyle bir çalışma kazandırılarak yerli malı ürünlerin geliştirilmesi, ileride benzer bir cihazı tasarlamak veya imalatını gerçekleştirmek isteyen kişilere literatür kaynağı olması, endüstrideki bu ciddi açığın ilerleyen aşamalarda giderilmesi hedeflenmektedir.

Literatürde bu çalışmaya benzer bir çalışma olmamasına karşın, alev kontrol eden cihazlar gerek endüstride gerekse evlerdeki kombilerde mevcuttur.

Bu bağlamda Honeywell Kromschröder ürün gamında yer alan IFD 258-5/1W kodlu cihaz incelendiğinde; cihaz üzerinde durum gözetlemesi yapma amaçlı 2 adet display mevcuttur. Bunun haricinde reset ve aç/ kapat tuşları mevcuttur. Sistemi çalıştırmak için cihaz 230V.AC ile beslenir. Sonrasında cihaza start sinyali verilir. Start sonrası 1 sn' lik harici alev denetlemesinde alev olmadığı görüldükten sonra, ateşleme sinyali verilir ve gaz valfi açılır 5 sn içinde mikroamper düzeyinde bir alev sinyali algılandıysa valf açık kalmaya devam eder, ancak eğer 5 sn içinde alev sinyali algılanmadıysa cihaz arıza sinyali verir (Honeywell Kromschröder, 2020).

Era Endüstriyel markalı ERA-01GC1 cihazı üzerinde aç/ kapat tuşu mevcuttur. Benzer şekilde sisteme ilk başta enerji verilir, sonrasında start verilmesine müteakip dahili denetleme süresi başlar (4, 2022). Bu süre zarfında harici alev algılandıysa cihaz arızaya

geçer, eğer harici alev yoksa ateşleme sinyali verilir ve gaz valfi açılır. Emniyet sonrası esnasında alev algılandıysa valf çekmeye devam eder eğer alev algılanmadıysa cihaz arıza sinyali verir.

Bunun haricinde endüstride farklı ihtiyaçlara göre tasarlanmış çeşitli brülör kontrol üniteleri mevcuttur. Örnek vermek gerekirse anlık müdahale amacıyla fırının yanına montajı sağlanabilen aynı zamanda patlayıcı ortamlara dayanıklı bir cihaz isteniyorsa bunun için Honeywell Kromschröder BCU 4.. serisi cihazlar mevcuttur (Noeste, 2007).

Paket brülör sistemlerinde fan ve servomotor kontrolü sağlayabilen, hava basınç siviçi, minimum ve maksimum gaz basınç siviçlerinin denetimini yapabilen, istenildiği takdirde valflerin sızdırmazlık testlerini sağlayabilen Honeywell Kromschröder BCU 370.. serisi cihazlar mevcuttur (Honeywell Kromschröder, 2020).

Brülör kontrol ünitesi tasarlanırken mevcut sistemlerde kullanılmakta olanlar detaylı bir şekilde incelenmiştir. TS EN 746-2 ve EN 298 standartları detaylı bir şekilde incelenmiştir. EN 746-2 standardı yanma ve yakıtla çalışan cihazlar için güvenlik şartlarını içeren bir kılavuzdur (Stroebl ve Roith, 2005). EN 298 standardı gaz veya sıvı yakıt yakan cihazlar ve fırınlar için otomatik bek kumanda sistemlerinin standartlarını içermektedir (Gonçalver ve diğ., 2001).. Buna göre bir algoritma oluşturulmuştur. Oluşturulan algoritmaya göre giriş/ çıkış sayısı belirlenmiş ve buna göre mikrodenetleyici seçilmiştir. Akabinde algoritmaya göre yazılım yazılmış ve testler yapılmıştır. Bu bağlamda tasarlanan cihazda 5 dijital çıkış, 2 dijital giriş mevcuttur. Buna ilave olarak I2C haberleşmesi üzerinden iyonizasyon sinyali okunmaktadır. Tasarlanan cihaz üzerinde güvenlik süresinin ve alev eşik değerinin değiştirilmesi opsiyonu mevcuttur. Bunun haricinde cihaz üzerinde aç/ kapat ve reset olmak üzere 2 adet buton, gelişmiş durum görüntülemesi sağlanması amacıyla OLED ekran mevcuttur.

Tez altı bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde brülör kontrol ünitesinin tanımı yapılarak endüstriyel sistemlerde kullanılmakta olan brülör kontrol ünitelerine, bunların çalışma prensiplerine değinilmiştir. Aynı zamanda brülör kontrol ünitesi tasarlanırken dikkate alınan hususlar ve tasarlanan brülör kontrol ünitesinin özelliklerine değinilmiştir.

İkinci bölümde yakma sistemleri tasarlanırken dikkat edilmesi gereken noktalara değinilmiştir. Yakma sisteminin 4 bölüme ayrılmış ve bu bölümlerde kullanılan cihazların işlevleri açıklanmıştır. Cihazın tasarımında dikkate alınmış olan TS EN 746-2 standardı detaylandırılmıştır. Standartta brülör kontrol ünitesi ile ilgili yazılanlara dikkat çekilmiştir. Aynı zamanda örnek bir brülör kontrol ünitesinin zaman grafikleri incelenmiş ve kontrol ünitesi seçerken dikkat edilmesi gereken hususlara değinilmiştir.

Üçüncü bölümde brülör kontrol ünitesi algoritması oluşturulurken ve tasarlanırken dikkate alınan EN 298 standardının gereklilikleri açıklanmıştır.

Dördüncü bölümde mikrodenetleyici mimarisinden ve seçiminden bahsedilmiştir. Alevin elektronik olarak nasıl okunduğu açıklanmıştır. Brülör kontrol ünitesi için kullanılan STM32F103C8T6 mikrodenetleyecisinin ve OLED ekranın temel özelliklerinden bahsedilmiştir.

Beşinci bölümde brülör kontrol ünitesi ve alev sensörünün tasarım ve geliştirme aşamaları açıklanmıştır. Bu bağlamda tasarlanan elektronik devre detayları aşama aşama paylaşılmıştır. Bunlara ek olarak tasarımı yapılan ve çalıştırılan cihaza ait teknik doküman/ kullanım kılavuzu oluşturulmuştur.

Altıncı bölümde tasarlanan cihaz sonucunda elde edilen sonuçlar ve öneriler açıklanmıştır. Bundan sonraki yapılacak çalışmalar için öneriler sunulmuştur.

2. ENDÜSTRİYEL YAKMA SİSTEMLERİ ANA HATLARI VE BRÜLÖR KONTROL ÜNİTELERİ

Brülör kontrol üniteleri belli standartlar gözetilerek insan sağlığına ve çevreye zarar vermemek için yanmanın gözetilmesi amacıyla kullanılması gereken elektronik teçhizatlardır. Bahse konu cihazlar Endüstriyel fırınlarda yer alan yakıcıların kontrolü için kullanılmaktadır. Bunun haricinde ev tipi kombilerde de alev kontrolü sağlayan benzer cihazlar kullanılmaktadır. Doğalgaz yakma sistemlerinde emniyetli yanmanın sağlanması amacıyla brülör kontrol üniteleriyle akuple çalışan birtakım cihazlar mevcuttur. Bunlar;

- 1) Minimum Basınç Prezostatı,
- 2) Maximum Basınç Prezostatı,
- 3) Hava Basınç Prezostatı,
- 4) Ateşleme Trafosu,
- 5) Gaz Solenoid Valfi,
- 6) Hava Solenoid Valfi
- 7) Hava Kontrol Servomotoru,
- 8) Sızdırmazlık Kontrol Cihazı

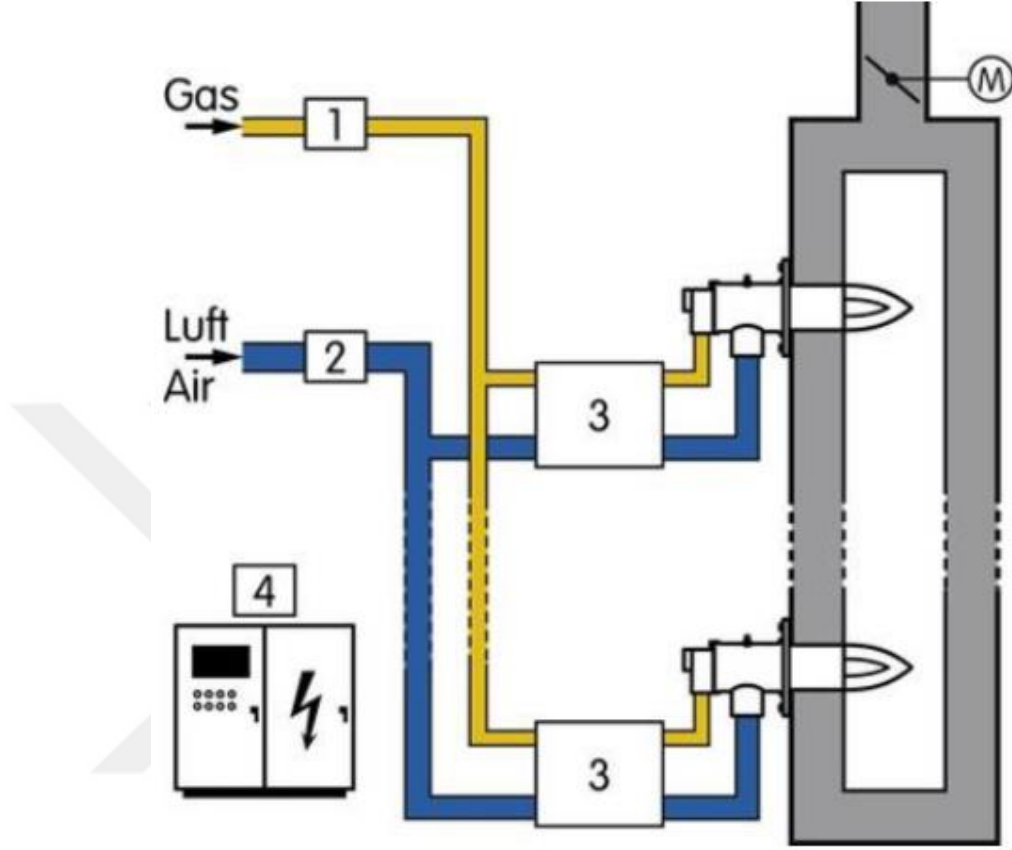
Alt başlıklarda yer alan tanımlamalar TS EN 746-2 referans alınarak yazılmıştır.
(TS EN 746-2, 2012).

2.1. Endüstriyel Yakma Sistemlerinin Ana Hatları

Endüstriyel bir fırın veya proseste gerekli olan ısı, gaz gibi bir yakıtın yanması ile sağlanacaksa, yakma sisteminin tasarlanması gerekir. Teknik gerekliliklerin yanı sıra, emniyet için TS EN 746-2 ve ISO 13577-2 gibi standartlara uyulması gereklidir. Tasarım esnasında, proses, yani yapılacak iş, ısıtma sisteminin şekillenmesinde çok önemli rol oynar. Bu konuların aydınlatılmasıyla ortaya çıkan endüstriyel gaz yakma sistemleri bir bütün halinde prosesin gerekliliklerine göre tasarlanmış Şekil 2.1.' de belirtildiği gibi 4 bölümden oluşur (1, 2022).

- 1) Gaz Giriş Hattı
- 2) Hava Giriş Hattı

- 3) Yakıcı Kontrol Hattı
- 4) Proses Kumanda Sistemi



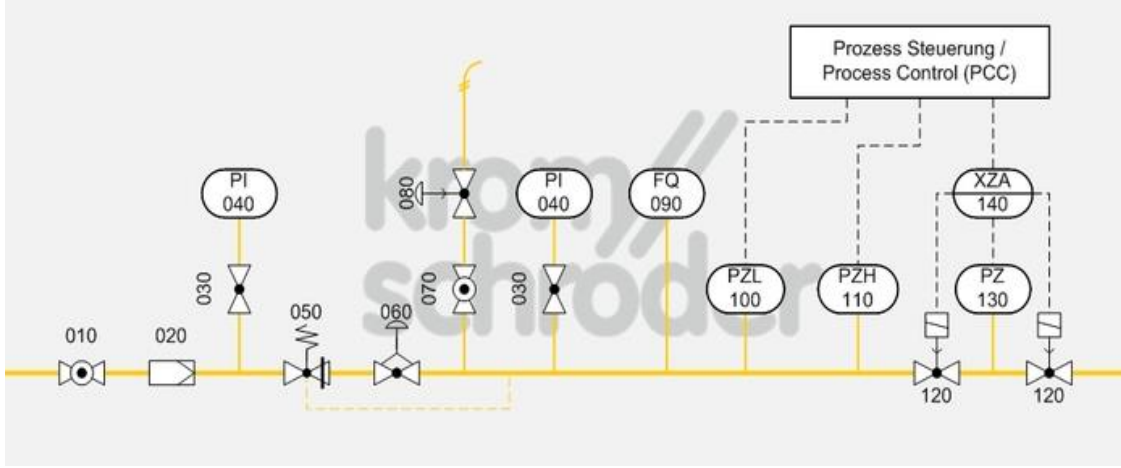
Şekil 2.1. Yakma Sisteminin Ana Hatları

2.2. Gaz Giriş Hattı

Tesise gelen gaz basıncının, yakıcı ve cihazların çalışma basıncına düşürülmeleri, gazın emniyete alınması, tüketilen miktarın ölçülmesi için gaz giriş hattına ihtiyaç vardır. TS EN 746-2 uyarınca imal edilen klasik bir hattın ana bileşenleri Şekil 2.2.' deki gibidir. Şekil 2.3.' te, Şekil 2.2.' nin P&ID diyagramı paylaşılmıştır.



Şekil 2.2. Gaz Giriş Hattı



Şekil 2.3. Gaz Giriş Hattının P&ID Diyagramı

Küresel Vana (010, 030): Sisteme gelen basıncın kesilmesi veya geçişinin sağlanması amacıyla kullanılmaktadır.

Filtre (020): Gaz hattında olan kirliliğin temizlenmesi amacıyla kullanılmaktadır. Seçilen filtre maksimum debide 10 mbar' dan fazla basınç kaybına yol açmamalıdır.

Manometre Musluğu (030): Ölçüm sonrası manometrenin maruz kaldığı basıncı düşürür ve manometreyi hat basıncından ayırır.

Manometre (040): Sistemdeki basıncı görmeye yarayan cihazdır.

Emniyet Kapama Valfi (050): Sistem çıkış basıncı ayarlanan basıncın üstüne çıktığı veya altına indiği zaman giriş basıncını kesmeye yarayan cihazdır.

Regülatör (060): Giriş basıncını, çalışma basıncına düşürmeye yarar. Bu sayede sisteme gerekli gaz basıncı verilir.

Emniyet Fırar Ventili (070): Belirli bir seviyeye kadar, hatta oluşan ve ani basınç yükselmesini düşürerek, emniyet kapama valfinin gereksiz devreye girmesini engeller.

Minimum Basınç Prezostatı (100): Yetersiz gaz akışını önleme amaçlı kullanılmaktadır. Sistem, başlatmayı önlemeli veya güvenli kapatmaya neden olmalı veya operatör denetlemesi olmadığında basıncın önceden belirlenen değerin altına düşmesi durumunda kilitlemelidir.

Maksimum Basınç Prezostatı (110): Aşırı gaz akışını önlemek için yüksek gaz basınç prezostatı kullanılmalıdır. Yüksek gaz basınç koruma tertibatının gerekli olduğu durumda, sistem başlatmayı önlemeli veya güvenli kapatmaya neden olmalı veya operatör denetlemesi olmadığında basıncın önceden belirlenen değerin üstüne çıkması durumunda kilitlemelidir.

Gaz Solenoid Valfi (120): Enerji verildiğinde açılan, enerji kesildiğinde kapanan vanalardır. Sisteme gaz geçişinin emniyetli sağlanması amacıyla kullanılmaktadır.

Sızdırmazlık Kontrol Prezostatı (130): Sızdırmazlık kontrolü cihazına akuple olarak çalışır. Prezostatın giriş basıncının yarısına ayarlanması önerilir.

Sızdırmazlık Kontrol Cihazı (140) : Sistemin güvenli açılıp kapanmasını sağlayan 2 adet gaz solenoid vanasının arasında bir kaçak olup olmadığını tespit etmeye yarayan cihazlardır. TS EN 746-2, 1200 kW ve üzeri kapasitelerde sızdırmazlık kontrolünü zorunlu tutar, 1200 kW altı tavsiye eder.

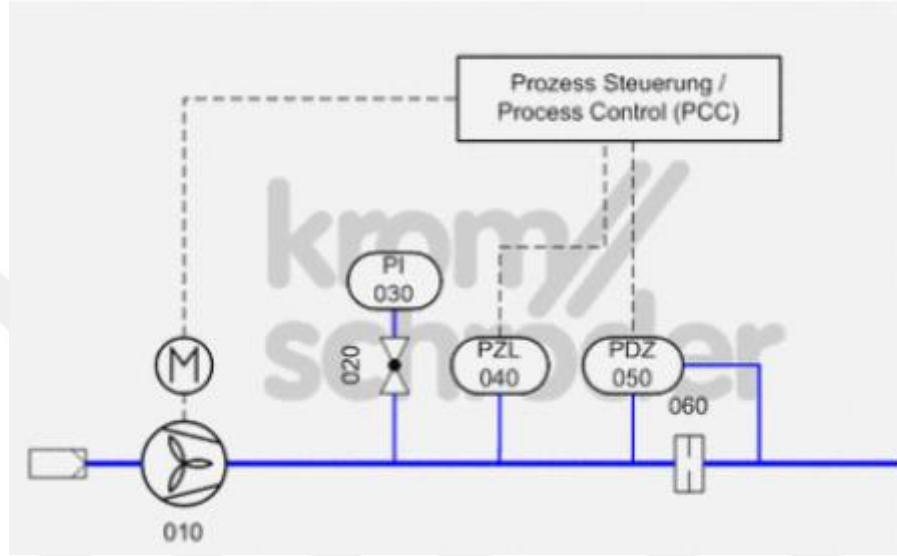
Çalışma Şekli:

Küresel vana (010) açık konumdayken, regülatör (060) giriş basıncını çalışma basıncına düşürür. Hattaki kirlilik filtre (020) tarafından temizlenerek sisteme verilir. Herhangi bir arızadan dolayı gaz regülatörünün hatalı çıkış vermesi durumunda, sisteme giden gaz emniyet kapama ventili (050) üzerinden kesilir. Sistemde yakıcılar çalışırken geçici basınç dalgalanmalarının önlenmesi amaçlı emniyet firar ventili (080) kullanılır. Giriş ve çıkış basıncı manometrelerden (040) okunabilir. Tüketim verileri debimetre (090) üzerinden okunabilmektedir.

Mimumum gaz basınç prezostatı (100), maksimum gaz basınç prezostatı (110), sızdırmazlık kontrol ünitesi ve prezostatı (140/130) ve gaz solenoid valfleri (120) emniyet sisteminin parçalarıdır. Yetersiz veya yüksek basınç olması durumunda veya valflerden biri sızdırıyorsa sisteme sinyal iletilir ve bu sinyal sonucu gaz solenoid valflerinin enerjisi kesilir. Kesin bir kural olmamakla beraber emniyet sisteminin kontrolü genellikle tek yakıcılı sistemlerde brülör kontrol ünitesi üzerinden çok yakıcılı sistemlerde ise proses kontrol sistemi üzerinden gerçekleştirilir.

2.3. Hava Giriş Hattı

Endüstriyel sistemlerde çoğu yakıcı atmosfer havasından daha yüksek basınçta bir hava ile çalışmaktadır (Caillat, 2017). Merkezi bir fan ile basınçlı havanın yakıcılara temini ve denetlenmesi için hava giriş hatlarının kullanılması gerekmektedir. TS EN 746-2' ye göre hava giriş hattı cihazlarını içeren bir hat Şekil 2.4.' deki gibidir.



Şekil 2.4. Hava Giriş Hattı

Fan (010): Sisteme bir motor vasıtasıyla basınçlandırılmış havanın teminini sağlama amaçlı kullanılır.

Manometre ve Manometre Musluğu (020): Fanın sisteme sağladığı basıncı görme amaçlı kullanılır.

Hava Min. Basınç Prezostatı (040): Sistem için gerekli min. basıncın sağlandığını teyit etme amaçlı kullanılmaktadır.

Hava Akış Prezostatı (050) Cebri veya baca çekişli brülör/brülörler bulunan teçhizat, brülörün ön-temizlemesi, ateşlemesi ve çalıştırılması sırasında yeterli hava akışı sağlamak için cihazlar ile birlikte yerleştirilmelidir. Brülörün öntemizlemesi, ateşlemesi veya çalıştırılması sırasında herhangi bir zamanda meydana gelen hava akış arızası olması durumunda güvenli kapatma sağlanmalı ve operatör denetlemesi olmadığı durumda kilitlemeye neden olmalıdır. Hava-temin cihazının, çalışmaya başlatılmadan önce “akış

Gaz Solenoid Valfi (010): Enerji verildiğinde açılan, enerji kesildiğinde kapanan vanalardır. Sisteme gaz geçişinin emniyetli sağlanması amacıyla kullanılmaktadır. Brülör gaz beslemesi seri olarak bağlanmış 2 adet gaz solenoid vanasının kontrolü altında olmalıdır.

Eşit Basınç Regülatörü (020): Sistemdeki gaz basıncını bir boru vasıtasıyla hava hattından aldığı basıncı eşitleyerek oransallığı sağlayan cihazdır.

Debi Ayar Valfi (040): Yakıcı için gerekli maksimum gaz debisinin ayarlanması amacıyla kullanılır.

Yakıcı (060): Yakıcılar, bir bek taşı veya seramik namlu ile donatılabilir. Yakıcı seçimi proses, tesis, kapasite, sıcaklık, alev formu, alev hızı, yakıt tipi, izolasyon kalınlığı gibi parametreler gözetilerek sağlanır.

Hava Kontrol Servomotoru (070): Havanın oransal olarak kontrolünü sağlama amaçlı 0-90 ° açılabilen klape ile birlikte kullanılan cihazlardır.

Hava Ayar Klapesi (080): Yakıcı için gerekli maksimum hava debisinin ayarlanması amacıyla kullanılır.

Brülör Kontrol Ünitesi (090): Emniyetli bir şekilde yanmanın sağlanması amacıyla belli kurallar gözetilerek yanmanın kontrolünü sağlayan cihazlardır.

Ateşleme Trafosu: Yanma karışımının tutuşmasını sağlama amaçlı yüksek ark oluşturan cihazlardır.

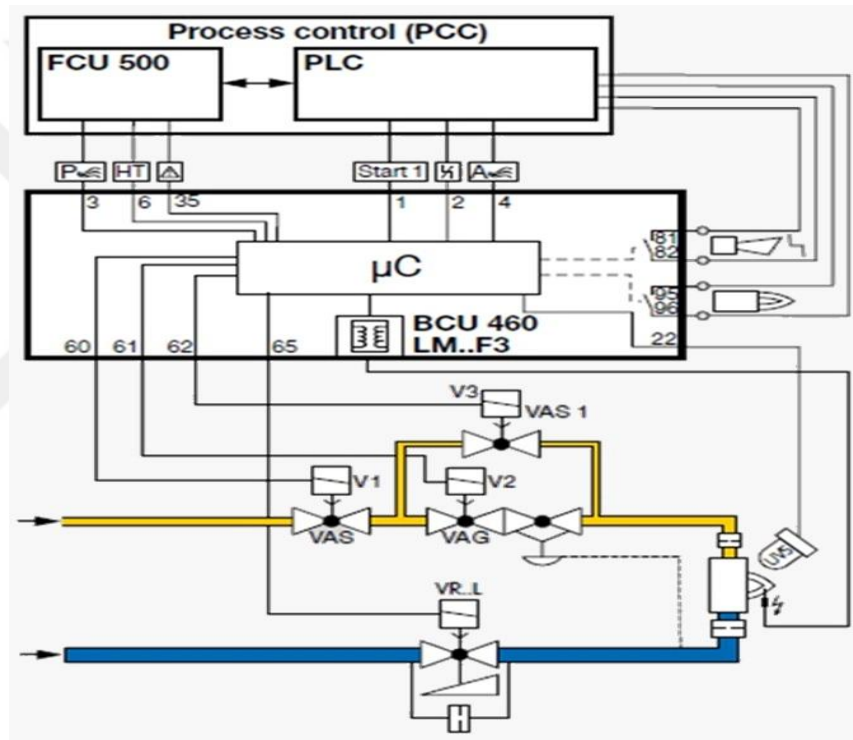
Çalışma Şekli

Yakıcının kapasitesi servomotorlu klape üzerinden 4-20 mA sinyal ile oransal olarak ayarlanmaktadır. Gaz basıncını hava basıncına eşitleyen eşit basınç regülatörü sayesinde ideal yanma için hava/gaz karışımı sağlanır. Hava hattında bulunan hava ayar klapesi ve gaz hattında bulunan debi ayar valfi ile sistemdeki hava ve gaz debisi istenen seviyeye sınırlanır. 090 numaralı cihaz yakıcı ateşleme ve alev denetimini sağlar. Yakma hava fanını kumanda ederek servomotoru önsüpürme süresi boyunca gerekli açıklığa alır ve önsüpürme işlemi sonrası servomotoru ateşleme pozisyonuna getirir. Ateşlemenin

başarılı olarak sağlanmasına istinaden proses kontrol sistemine devrede sinyali gider ve böylelikle proses kontrol sistemi kapasite kontrolünü gerçekleştirir.

2.5. Proses Kumanda Sistemi

Proses kontrol sistemi, bütün sistemi kontrol eder (Samad ve diğ., 2007). Proses kontrol sistemi, brülör kontrol ünitelerinden ve gaz kontrol hattından gelen sinyalleri işleyerek buna göre bir kontrol sağlar. Proses kontrolü bir PLC veya sıcaklık kontrol ünitesi ve kontaktörler/ röleler ile gerçekleştirilebilir. Şekil 2.6.' da kontrol proses kumanda sisteminden başlayarak yakıcı hattına kadar haberleşme ve bağlantı şekli mevcuttur.



Şekil 2.6. Proses Kumanda Sistemi

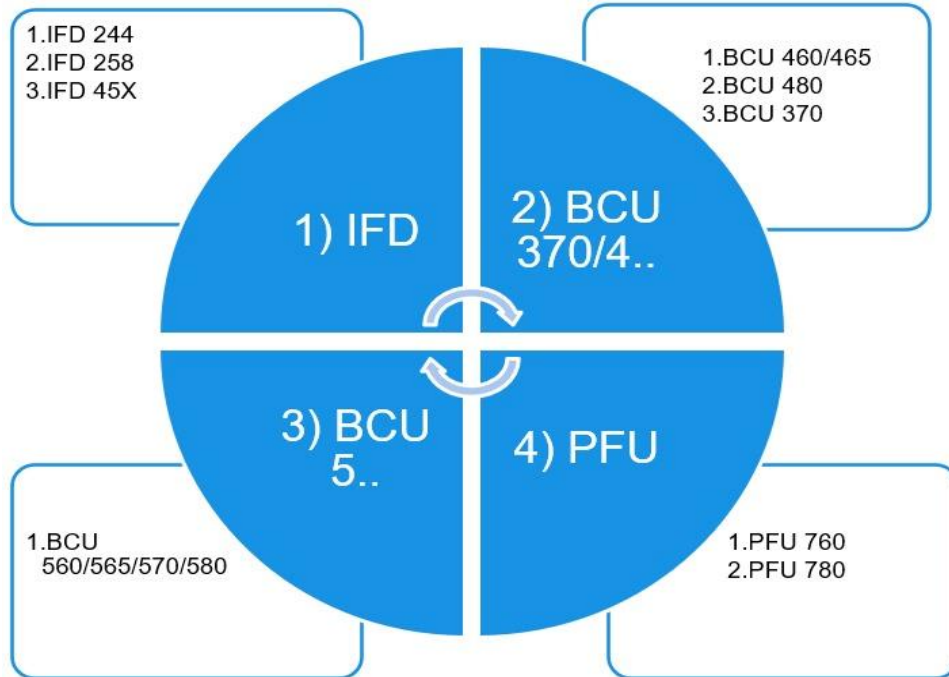
Sistemin bir PLC ile kontrol edildiği varsayılırsa; sisteme önce enerji verilir, yakma hava fanı başlatılmadan önce fanın çalışmadığı elektriksel olarak teyit edilir. Sonrasında fan çalıştırılır ve akış sinyalinin ve min. hava basınç sinyalinin okunması beklenir. Sistem basıncının minimum istenen basıncın üstünde, maksimum istenen basıncın üstünde olduğu elektriksel olarak görülür. Başlangıç sinyalinin varlığı ve yukarıda bahsi geçen sinyallerin uygunluğunun görülmesi sonrası sızdırmazlık kontrolü ve önsüpürme işlemi gerçekleştirilir. Önsüpürme sistemde yer alan yanmamış gazların atılması amacıyla sağlanan bir işlemdir (Rieland, 2016). Önsüpürmenin tamamlanması sonrası yakıcı

ateşleme pozisyonuna getirilir ve yakıcı brülör kontrol ünitesi vasıtasıyla ateşlenir. Alev sinyalinin okunması ile yakıcı çalışır duruma gelmiş olur. Proses kumanda sistemi bu aşamadan sonra kapasite kontrolünü gerçekleştirebilir.

Eğer sistem gaz basıncı istenen seviyenin altına düşerse veya üstüne çıkarsa, hava akışı sağlanmazsa, valfler arasında sızdırma varsa, yüksek sıcaklık değeri görüntüleniyorsa proses kontrol sistemi bir hata tespit eder ve sistem arıza verir. Sistem sadece manuel olarak resetlenebilir. Sistem güvenlik sınırları proses ihtiyacına göre şekillendirilebilir.

2.6. Brülör Kontrol Ünitesi Çeşitleri ve Brülör Kontrol Ünitesi Seçerken Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar

Genel deyiimiyle beyin olarak adlandırılan brülör kontrol üniteleri start programı ve gerekli emniyet fonksiyonlarını da üstlenirler. Beyinlerin yapıları bir elemanın arızası halinde en emniyetli yolu (gaz girişinin kapatılması) seçecek şekilde hazırlanmıştır. Yakma sistemlerinde kullanılan birçok çeşit brülör kontrol ünitesi mevcuttur. Şekil 2.7.' de Brülör kontrol ünitelerini daha detaylı tanıma amaçlı Honeywell Kromschröder ürün gamında bulunan brülör kontrol ünitelerinin gruplandırılması mevcuttur.



Şekil 2.7. Brülör Kontrol Ünitelerinin Gruplandırılması

IFD serisi brülör kontrol üniteleri, pano içinde montaja uygun TS EN 746-2' ye göre alev denetlemesi yapabilen bir cihazdır.

BCU 370 serisi brülör kontrol üniteleri minimum gaz basınç prezostatı denetlemesi, maksimum gaz basınç prezostatı denetlemesi, hava basınç prezostatı denetlemesi, yakma hava fanı kontrolü, süpürme fonksiyonu, opsiyonel sızdırmazlık testi, kapasite kontrolü gibi işlemleri tek gerçekleştirebilmektedir. Talep edilmesi halinde Profibus haberleşmesi cihaza eklenerek giriş sinyallerinin tamamı Profibus üzerinden verilebilmektedir (Honeywell Kromschröder, 2020).

BCU 4 serisi brülör kontrol üniteleri sahaya montajı sağlanabilen, SIL 3 güvenlik bütünlüğü seviyesine sahip brülör kontrol üniteleridir. SIL 1, 2, 3, 4 olmak üzere dört ayrı bütünlük düzeyi vardır. SIL seviyesinin yüksek olması sistemin güvenlik düzeyinin yüksek olması demektir (Stavrianidis ve Bhimavarapu, 1998). Opsiyonel olarak hava ventili kumandası, servomotor kumandası, önsüpürme kontrolü, sızdırmazlık testi gibi fonksiyonlar gerçekleştirilebilir. Bunun haricinde Profinet/Profibus/Modbus TCP haberleşmeli olarak cihaz seçimi sağlanabilmektedir. BCU 480 cihazı ile pilot alevi ve ana yakıcı alevi ayrı ayrı denetlenebilmektedir (Honeywell Kromschröder, 2020).

BCU 5 serisi brülör kontrol üniteleri pano içine montajı sağlanabilen SIL 3 koruma sınıfına uygun, süpürme, kapasite kontrolü, opsiyonel olarak sızdırmazlık testi, hava valfi kontrolü basınç prezostatlarının denetlenmesi, fan kontrolü gibi fonksiyonları gerçekleştirebilir (Honeywell Kromschröder, 2020). Talep edilmesi halinde Profinet haberleşme özelliği eklenebilmektedir. BCU 580 cihazı ile pilot alevi ve ana yakıcı alevi ayrı ayrı denetlenebilmektedir.

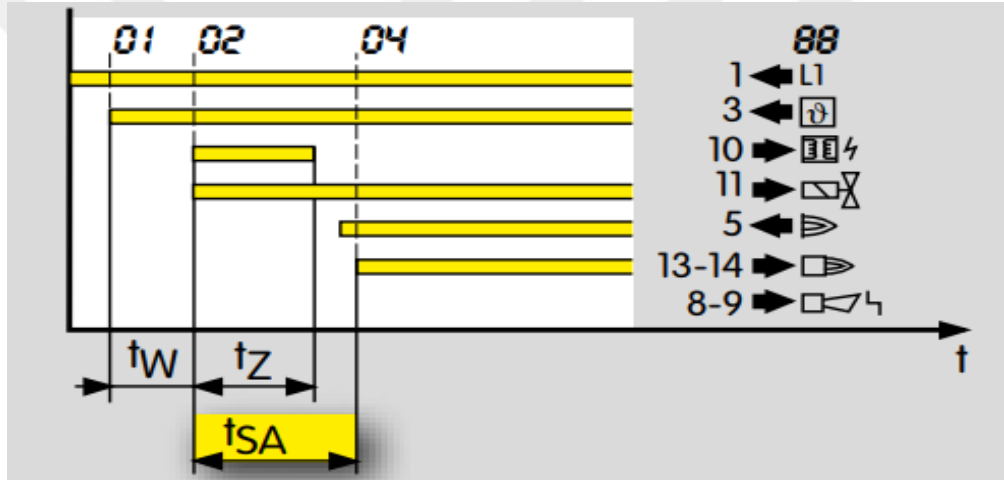
PFU serisi brülör kontrol üniteleri panonun üzerine montajı sağlanabilen, SIL 3 koruma sınıfına uygun, hava valfi kumandası sağlanabilen, Profibus haberleşme özelliği bulunan yakma kontrol üniteleridir. PFU 780 cihazı ile pilot alevi ve ana yakıcı alevi ayrı ayrı denetlenebilmektedir (Honeywell Kromschröder, 2020).

BCU 4 serisi hariç Honeywell Kromschröder yakıcı kontrol ünilerinin tamamının üzerinde 2 dijital 7 segmentli display bulunur. BCU 4 serisinde 4 dijital 7 segmentli display bulunur. Bu displayler üzerinden durum bilgilendirmesi, hata kodları, çalışma durumu,

yanma alevi seviyesi (uA seviyesi) gibi bilgiler elde edilir. Arızaların displayler üzerinden takip edilebilmesi kalıcı arızaların ortadan giderilmesi adına bilgilendirme ile ciddi tasarruflar sağlamaktadır (Noeste, 2007). IFD serisi cihazlar hariç bahsi geçen cihazların tamamında bir bağlantı noktası mevcuttur. İlgili bağlantı yerinden optik adaptör (PCO 200) ile bilgisayar arayüzüne bağlanılarak istenilen parametre proses ihtiyacına göre TS EN 746-2 çerçevesinde değiştirilebilir.

2.6.1. Brülör Kontrol Ünitesi Zaman Diyagramları

Şekil 2.8.' de Honeywell Kromschröder marka brülör kontrol ünitesinin tipik bir çalışma diyagramı mevcuttur.



Şekil 2.8. Zaman Diyagramı

t_W Bekleme Süresi: Start sonrası, sistemi başlatmadan önceki güvenlik denetlemesini ifade eder, bu denetleme 1 s sürmektedir. Eğer bu denetleme boyunca alev sinyali varsa brülör kontrol ünitesi arıza sinyali üretir. Arıza kaynağı brülör kontrol ünitesinin herhangi bir gaz valfine çıkış vermemesine rağmen sistemin alev sinyali okumasıdır. Yani sistemde kontrol dışı bir alev mevcut demektir. Eğer alev sinyali okunmazsa bir sonraki adıma geçer.

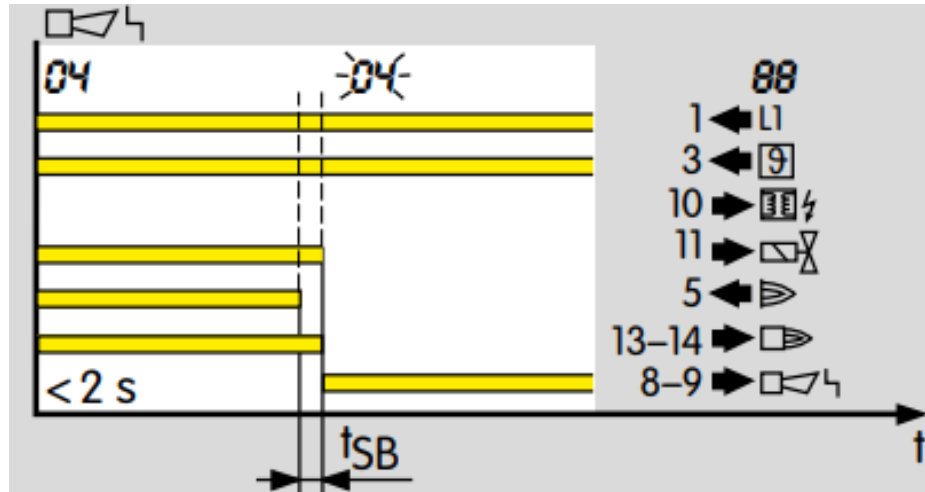
t_Z Ateşleme Süresi: t_W sonrası t_Z ve t_{SA} süreleri başlar. t_Z brülör kontrol ünitesinin kaç saniye boyunca ateşleme sinyalinin aktif edeceğini belirten süredir. t_{SA} süresine göre değişkenlik gösterir. Şekil 2.9.' da t_{SA} süresine göre t_Z süresi belirtilmiştir. t_{SA} süresi 3 s iken t_Z süresi 1,8 s, t_{SA} süresi 5 s iken t_Z süresi 3 s, t_{SA} süresi 10 s iken t_Z süresi 6 s' dir.

t_{SA}	t_Z	Ateşleme türü
[sn]	[sn]	
3	1,8	TZI
5	3	TZI
10	6	TZI

Şekil 2.9. t_{SA} Süresine Bağlı t_Z Süresi

t_{SA} Başlangıç Emniyet Süresi: Brülör kontrol ünitelerinin ana seçim kriteridir. Start sinyali sonrası t_W süresi başlar, t_W süresince harici bir alev algılanmazsa t_Z ve t_{SA} süresi başlar. Bu sürelerin başlamasına istinaden, t_Z süresi boyunca ateşleme çıkışı, t_{SA} süresi boyunca gaz valfi çıkışı aktif olur. t_{SA} 3 değer alabilmekte olup bunlar 3, 5 ve 10 s' dir (Honeywell Kromschöder, 2020). t_{SA} süresi içinde alev sinyalinin okunması beklenir. Eğer alev sinyali okunmazsa brülör kontrol ünitesi arıza sinyali üretir. Arızanın giderilebilmesi için reset klemensi üzerinden enerji verilerek arıza resetlenmelidir. Eğer alev oluştuysa brülör kontrol ünitesi devrede sinyali üretir, valf çıkışı start sinyali kesilmedikçe veya alev kesilmedikçe aktif olur. t_Z süresi yalnızca t_{SA} süresi ile beraber aktif olur ve sürenin bitmesine müteakip ateşleme trafosu kesinlikle kapanır.

Şekil 2.10.' da brülör kontrol ünitesi devreye girdikten sonra denetlenen t_{SB} süresinin zaman diyagramı mevcuttur.



Şekil 2.10. t_{SB} Süresi

t_{SB} Çalışma Esnasında Emniyet Süresi: Brülör kontrol ünitesinin devrede sinyali üretmesinden sonra, alev sinyalinin okunmaması durumunda başlayan süredir. En fazla 2

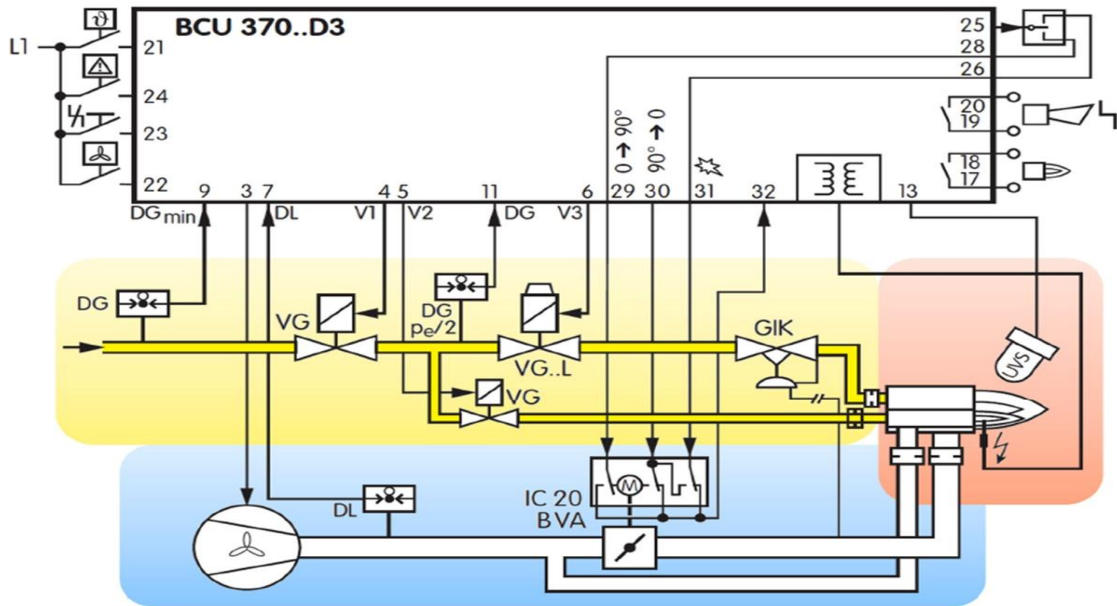
sn olarak sınırlandırılmıştır. Eğer sistem devrede ve anlık alev kopması meydana geldiyse bu süre boyunca alev sinyalini yeniden okuyamazsa brülör kontrol ünitesi arıza sinyali üretir.

2.6.2. Brülör Kontrol Ünitesi Seçim Kriterleri, Uygulama Örneği ve Elektrik Şemasının Detaylandırılması

Brülör ünitesi seçerken aşağıdaki noktalara dikkat edilir ve buna göre bir seçim sağlanır.

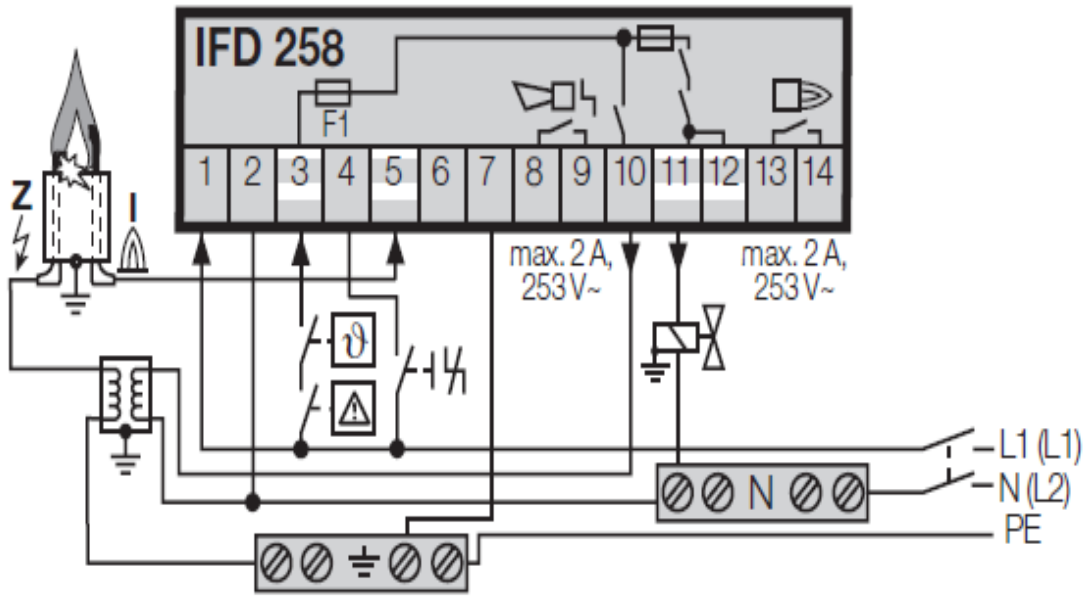
- Yakıcı kapasitesi,
- Yakıcı Sayısı ve kontrolü sağlanacak ekipmanlar,
- Haberleşme isteniyor mu,
- Kontrolör pano içinde mi,
- Alev izleme şekli,

Şekil 2.11.' de 300 kW kapasiteye sahip, 3 sn emniyet süreli tek yakıcı, pano dışına brülörün yanına montajı sağlanacak, fan kontrolü sağlayacak, süpürme fonksiyonu gerçekleştirecek, hava basınç prezostatı, minimum ve maksimum gaz basınç prezostatı denetimi sağlayacak, pilot yakıcının yanması sonrası ana yakıcının yanmasını sağlayacak bunların haricinde sızdırmazlık testini sağlayacak bir kontrolör örneği mevcuttur.



Şekil 2.11. Tek Yakıcı Yakma Sistemi Bağlantı Şeması

Şekil 2.12.' de IFD 258 cihazına ait elektrik şeması, Şekil 2.13.' te ise IFD 258' in çalışma algoritması mevcuttur. 1 numaralı klemense 230V.AC faz, 2 numaralı klemense nötr verilmektedir. 3 numaralı klemens start, 4 numaralı klemens reset, 5 numaralı klemens iyonizasyon, 7 numaralı klemens toprak, 8-9 numaralı klemens arıza, 10 numaralı klemens ateşleme, 11 numaralı klemens gaz solenoid valfi, 13-14 numaralı klemens ise devrede klemensleridir.

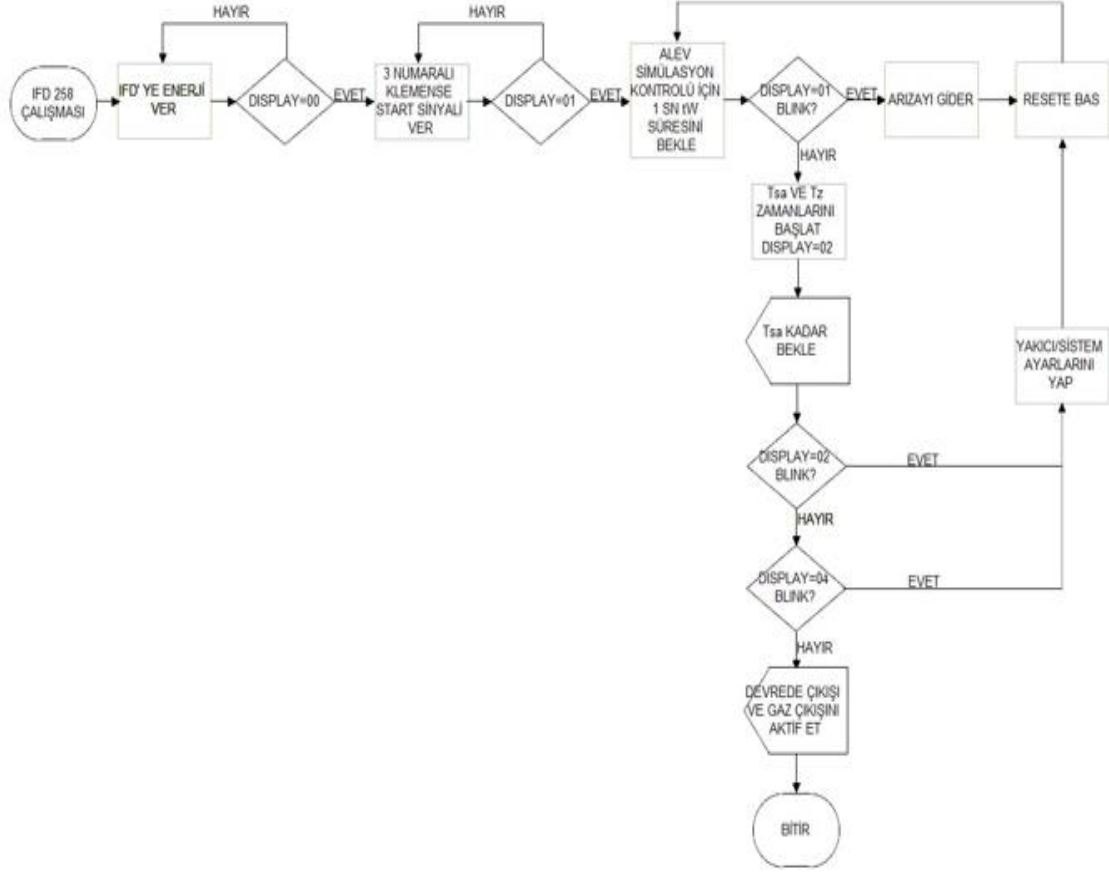


Şekil 2.12. IFD 258 Elektrik Bağlantı Şeması

Fonksiyon Açıklaması

1 ve 2 numaralı klemenslerden enerji verilir. 3 numaralı klemense verilen start sinyali sonrası t_w süresi başlar, t_w süresince alev algılanmaması halinde t_z ve t_{SA} süreleri başlar. Bu süreler boyunca 10 numaralı klemensde yer alan ateşleme trafosu çıkışı ve 11 numaralı klemensde yer alan valf çıkışı aktif olur. t_z süresinin bitmesine müteakip 10 numaralı klemens çıkış vermeyi durdurur. t_{SA} süresi içinde eğer 5 numaralı klemensden alev sinyali okunuyorsa 13-14 numaralı klemensler üzerinden devrede sinyali elde edilir ve alev sönmedikçe veya start sinyali kesilmedikçe 11 numaralı klemensde yer alan gaz valfi çıkışı aktif olur. Eğer alev sinyali elde edilemediyse 11 numaralı gaz valfi klemensi çıkış vermeyi durdurur ve brülör kontrol ünitesi 8-9 numaralı klemensler üzerinden arıza sinyali üretir. Arıza kodu/ iyonizasyon bilgisi (uA)/ çalışma bilgisi brülör kontrol ünitesi üzerindeki displayler üzerinden okunabilir. Arıza resetlemesi için 4 numaralı klemense 1

puls şeklinde enerji vermek yeterlidir. Reset sonrası brülör kontrol ünitesi aynı döngüyü gerçekleştirecektir.



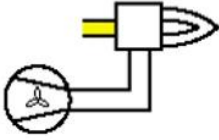
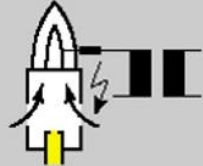
Şekil 2.13. IFD 258 Çalışma Algoritması

2.7. TS EN 746-2 Standardına Göre Brülör Kontrol Ünitesinin Çalışma Şekli

2.7.1. TS EN 746-2' ye Göre Emniyet Süresi

Brülör kontrol ünitesi seçimi yaparken dikkat edilmesi gereken en önemli unsur emniyet süresidir. Emniyet süresi zarfında ateşleme trafosu ateşleme işlemini gerçekleştirir ve solenoid vanalara aç komutu gönderilerek yakma denemesi sağlanır. Emniyet süresi içinde alev sinyalinin algılanması durumunda solenoid vana açık kalır, ateşleme trafosu kapanır ve brülör kontrol ünitesi devrede sinyali verir. Emniyet süresince alev oluşmaması durumunda brülör kontrol ünitesi valf ve ateşleme çıkışlarını kapatarak arıza sinyali verir.

Şekil 2.14.' te TS EN 746-2 standardında belirtilen, yakıcı kapasitesine göre seçilmesi gereken brülör kontrol ünitelerinin emniyet sürelerini içeren bilgilendirme mevcuttur.

	Kapasite P_N	Emniyet Süresi t_{SA}
	$\leq 70 \text{ kW}$	5 s
	$> 70 \text{ kW}^*$	3 s
	$\leq 350 \text{ kW}$	10 s
	$> 350 \text{ kW}^{**}$	5 s

Şekil 2.14. Başlatma Emniyet Süresi

Yakma hava fanı ile beslenen yakıcılarda 70 kW altında 5 s, 70 kW üstünde 3 s güvenlik süreli cihaz seçilmelidir. Brülör havayı fan üzerinden değil de atmosferden alıyorsa 350 kW altında 10 s güvenlik süresi, 350 kW üstünde 5 s güvenlik süreli cihaz seçilmelidir.

2.7.2. TS EN 746-2' ye Göre Başlatma, Yakıt Akış Hızı, Ateşleme ve Alev Arızası

2.7.2.1. Başlatma

Brülörün gaz solenoid valfinin çalıştırılmasına aşağıdaki şartlar sağlanıyorsa izin verilmelidir.

- 1) Sistemde gaz ve hava için takılmış tertibatların doğru çalışma şartlarında olduğu teyit edildiğinde.
- 2) Brülörün ve ilgili parçaların doğru konumda olmaları sağlandığında.

2.7.2.2. Yakıt Akış Hızı

Ateşlemeden kaynaklanan basınç artışının makinada herhangi bir hasara yol açmaması için brülörün başlatılmasında açığa çıkan enerji sınırlandırılmalıdır.

Brülörün yakıt akış hızı koruyucu bir sistem tarafından kontrol edilmelidir.

2.7.2.3. Ateşleme

Ateşleme işlemi, önsüpürme işlemi sonrası kılavuzda belirtilen süre içinde veya hemen başlatılmalıdır.

Önsüpürme: Fırının ilk yanmasından önce fırın içine, fırın hacminin 5 katı kadar hava verilmesi işlemidir. Bu sayede fırında yanmamış gaz var ise fırın bu gazdan temizlenecek ve olası patlamaların önüne geçilebilecektir.

2.7.2.4. Alev Arızası

Emniyet süresi boyunca alev arızası meydana gelirse brülöre kitlenmelidir.

Belirli durumlarda çevrimin tekrarı kabul edilebilir. Çevrim tekrar sayısı 2' yi geçmemelidir.

2.7.3. Otomatik Brülör Kontrol Sistemleri

2.7.3.1. Genel

Ana alev ve pilot alevi uygulanabilmesi durumunda brülör kontrol ünitesi vasıtasıyla kontrol edilmelidir. Otomatik brülör kontrol sistemleri EN 298 veya EN 25' e uygun olmalıdır. Ana yakıcının yanması esnasında pilot yakıcının kullanımda kaldığı sistemler için pilot ve ana alevi denetlemek ayrı alev kontrol cihazları kullanılmalıdır. Pilot yakıcıya ait denetleme cihazı ana alevi görmeyecek şekilde yerleştirilmelidir. Pilot yakıcının tüm durumlarda ana yakıcıyı ateşlediği durumlarda sadece pilot alevini denetlemek yeterlidir. Pilot ve ana yakıcının alevinin ayrı olarak denetlendiği durumlarda ateşleme alevi ana alev sensörünün tepkisini etkilememelidir. Ana yakıcı devrede olduğunda pilot yakıcının söndüğü sistemlerde tek alev algılama cihazı yeteli olabilir.

Sistemde alev dedektör cihazı takılı ise istenmeyen radyasyona karşı tepkisiz kalmalıdır.

Yakma sisteminin hiç söndürülmeden devrede kalması gerekiyorsa, brülör kontrol ünitesi kalıcı çalışma için tasarlanmalıdır.

Alevin olmaması gereken şekilde alevin oluşması halinde brülör kontrol ünitesi kilitlenme ile sonuçlanmalıdır.

Brülör kontrol ünitesine manuel müdahale gerektiğinde, oluşacak arıza durumlarında takip edilecek adımlar kullanım kılavuzunda belirtilmelidir.

2.7.3.2. Düşük Sıcaklık Teçhizatı

Tekli brülör ile çalışan düşük sıcaklık teçhizatı 2.7.3.1’ de belirtilen şartlara uygun brülör kontrol ünitesiyle donatılmalıdır.

Çoklu brülör teçhizatı için her bir brülör otomatik brülör kontrol ünitesiyle donatılmalıdır.

2.7.3.3. Yüksek Sıcaklık Teçhizatı

Brülör kontrol ünitesiyle yapılan alev denetlemesi fırın duvar sıcaklığı 750 °C altında olan başlangıç periyodu esnasında gerçekleştirilmelidir.

Kullanılacak tüm brülör kontrol sistemleri 2.7.3.1’ de belirtilen şartlara uygun olmalıdır.

Makine tasarımı ve imalatı, fırın duvar sıcaklığının 1 saat içinde muhtemel 750 °C altına düşeceği öngörüldüğünde görsel ve sesli ikaz olacak şekilde donatılmalıdır.

2.7.3.4. Açık Havada Çalışan Brülörler İçin Otomatik Brülör Kontrol Sistemleri

Teknik olarak mümkün olması durumunda, 70 kW üzerinde olan bütün açık hava brülörleri EN 298 ve EN 25’ e uygun otomatik brülör kontrol ünitesiyle donatılmalıdır.

Brülör kapasitesi 70 kW altında ise ve alev operatörün bulunduğu konumdan görüldüğü takdirde, operatör tarafından kontrol edilebilir.

Teknik olarak mümkün ise alevin operatörün bulunduğu konumdan görülebildiği durumlarda EN 298 veya EN 125’ uygun bir alev koruyucusu bulundurulmalıdır.

3. EN 298 STANDARDI DETAYLARI

Alt başlıklarda yer alan tanımlamalar EN 298 referans alınarak yazılmıştır (EN 298, 2012).

3.1. Tanımlamalar

3.1.1. Alev Denetleme Cihazı

Alevin varlığını denetleyen ve sinyal ileten cihaz.

Alev denetleme cihazı, alev sensörünü, yükselteci ve sinyal transferi için röleyi kapsamaktadır. Alev sensörünü kapsayan parçalar programlama ünitesi ile birlikte kullanım için tek bir muhafazaya montajlanabilir.

3.1.2. Bağımsız Alev Denetleme Cihazı

Programlama ünitesinde bağımsız olarak çalışan C klasmanına uygun fonksiyon özelliklerine kapsayan cihaz.

3.1.3. Alev Sensörü

Alevin varlığında reaksiyon göstererek elektriksel olarak sinyal üreten cihaz.

3.1.4. Kapatma Valfi

Enerjilendiğinde yakıt akışını sağlayan, enerjisi kesildiğinde yakıt akışını güvenli bir şekilde otomatik olarak durduran cihaz.

3.1.5. Alev Hatası Tepki Süresi

Alevin hatası ile kapatma valfinin enerjisinin kesilmesi arasında geçen süre.

3.1.6. Alev Hatası Tespit Süresi

Alevin varlığının kaybolması sonrası, alevin olmadığına dair verilen sinyal arasında geçen süre.

3.1.7. Alev Değeri

Alev sensöründen okunan fiziksel değer.

3.1.8. Alev Sinyali

Alevin algılanması durumunda alev dedektöründen verilen sinyal.

3.1.9. Alev Simölasyonu

Alev olmamasına rağmen alev oluşumu için gerekli şartların sağlanması.

3.1.10. Programlama Ünitesi

Verilen sinyallere göre belirli bir programı çalıştıran ve komutlar veren ünite. Brölörün çalışmasını yönetir ve kontrollü kapanmayı sağlar ve eğer gerekirse güvenli kapatma modu ve arıza moduna geçer.

3.1.11. Otomatik Brölör Kontrol Ünitesi

En az bir programlama ünitesi içeren ve alev dedektör cihazının bütün elementlerini barındıran sistem.

3.1.12. Start Pozisyonu ve Start Sinyali

Start pozisyonu, sistemin arızaya geçmediği aynı zamanda çalışmadığı ancak çalışma için bütün şartların hazır olduğu durum.

Start sinyali, sistemden cihaza önceden tanımlanmış programı çalıştırmak için giden sinyal.

3.1.13. Süpürme

Sistemde herhangi bir yanmamış hava gaz karışımının kalmaması amacıyla, yanma odasından ve baca geçişlerinden sisteme hava verme işlemi.

3.1.14. Birinci ve İkinci Emniyet Süresi

Birinci emniyet süresi, sisteme brülör start sinyalinin gitmesinden sonra, alev yok iken pilot veya ana gaz kapatma valflerinin açık kalma süresi.

İkinci emniyet süresi, yalnızca pilot veya başlangıç yakıt alevi için geçerli bir ilk emniyet süresinin olduğu durumlarda, alev sinyali yok iken ana gaz kapatma valfinin açık kalma süresi.

3.1.15. Sistem Devrede, Kontrollü Kapatma, Emniyetli Kapatma

Sistem devrede, brülör kontrol ünitesinin ve alev sensörünün kontrolü altında sistemin çalışıyor olması durumu.

Kontrollü kapatma, brülör kontrol ünitesine gelen start sinyalinin kesilmesi sonrası, brülör kontrol ünitesinden gelen gaz valfine gelen enerjinin kesilmesi.

Emniyetli kapatma, bir koruma cihazının müdahalesi veya otomatik brülör kontrol sisteminde bir arıza tespit edilmesinin hemen ardından brülörü devre dışı bırakan işlem.

3.1.16. Sistem Arızası

Emniyetli kapatma şartlarının sağlanarak sistemin arızaya geçerek, cihaz üzerinden veya uzaktan cihaza reset verilmesi gereken durum.

3.1.17. Ateşleme Tekrarı

Sistemdeki alev sinyalinin yok olması neticesinde, ateşleme cihazının yakıt kesilmesi olmadan tekrardan ateşleme denemesi yapması.

3.1.18. Bekleme Zamanı, Süpürme Zamanı

Bekleme zamanı, start sinyalinin verilmesinden sonra, ateşleme trafosunun veya gaz valfinin açması arasındaki aralık.

Süpürme zamanı, ateşleme trafosunun veya gaz valfinden önce sisteme belirlenen süre boyunca hava verilmesi işlemi.

3.1.19. Başlatma Sırası, İlk Aşama, İkinci Aşama, Kesikli Çalışma, Sürekli Çalışma

Başlatma sırası, brülörü başlangıç konumundan çalışma konumuna getiren sistem tarafından yürütülen eylemlerin sırası.

İlk aşama, başlangıç yakıtının yanma odasına salınmasını sağlayan başlatma dizisinin bir parçası.

İkinci aşama, yanma odasına daha fazla yakıtın salınmasını sağlayan başlatma dizisinin bir parçası.

Sürekli Çalışma, 24 saatten daha uzun süre çalışma konumunda kalacak şekilde tasarlanmış sistem.

Kesikli Çalışma, 24 saatten kısa çalışma konumunda kalacak şekilde tasarlanmış sistem.

3.1.20. Pilot Brülör İle Ateşleme, Pilot Brülör Olmaksızın Ateşleme

Pilot brülör üzerinden sağlanan ateşleme, ana yakıtı, pilot yakıcı alevinin devrede olmasından sonra veren sistem.

Pilot brülör olmaksızın sağlanan ateşleme, Ana yakıtı, pilot yakıcının alevinin olmasına bakmaksızın veren sistem.

3.1.21. Toplam Ateşleme Süresi

Toplam ateşleme süresi, ateşleme trafosunun/ cihazının enerjili kaldığı süre.

Ön ateşleme Süresi, ateşleme trafosunun/ cihazının enerjilenmesi ile emniyet süresinin başlaması arasındaki süre.

Ateşleme zamanı, emniyet süresinin başlaması ile alev sinyalinin ilk tespiti arasında geçen süre.

3.2. Yapısal Gereksinimler

3.2.1. Genel

İki bağımsız çalıştırma elemanının gereksinimi, aynı genel güvenlik seviyesini garanti eden aşağıdaki koşullar altında her kapatma valfi için bir çalıştırma elemanı gerekliliği ile değiştirilebilir.

- EN 1643' e göre brülör kontrol fonksiyonunu ve sızdırmazlık testini içeren tek bir cihaz kullanıldığında,
- Sızdırmazlık testinin brülör çalışması boyunca kontrol edildiğinde.

Brülör kontrol sisteminin bir güvenlik kapatması yapmasını önleyecek harici bir kısa devre ile iki anahtarlama elemanının ortak bir nedenden dolayı arızalanmasına karşı korunmak için önlemler alınmalıdır.

En az bir anahtarlama elemanı vasıtasıyla veya bir aşırı akım koruma cihazına müdahale ederek kapatma valfi enerjilenmesini kesme kabiliyetinin uygunluğu deneyle doğrulanmalıdır.

En az bir anahtarlama elemanı vasıtasıyla veya bir aşırı akım koruma cihazına müdahale ederek kapatma valfi enerjilenmesini kesme kabiliyetinin uygunluğu deneyle doğrulanmalıdır.

Koruma önlemi olarak aşırı akım koruma cihazlarının kullanıldığı durumlarda, brülör kontrol sistemine giden güç beslemesi, en az 500 A' lık bir ani akım sağlama kapasitesine sahip olmalıdır. Akım limitleme teknikleri kullanıldığında, brülör kontrol ünitesine giden güç beslemesi akımı limitlememelidir.

3.2.2. Bir Muhafaza Tarafından Sağlanan Koruma

EN 13611:2007+A2:2011 standardına uygun olmalıdır.

3.2.3. Elektriksel Komponentlerin Performansı ve Testi

Elektriksel komponentlerin performansı ve cihaz testi EN 13611:2007+A2:2011 standardına uygun olmalıdır.

3.2.4. Tasarım ve Muhafaza Gereklilikleri

EN 13611:2007+A2:2011 standardına uygun olmalı ve aşağıdaki şartları sağlamalıdır.

Yazılım EN 60730-1:2011 C sınıfı gerekliliklerini sağlamalıdır.

Otomatik brülör kontrol ünitesi fail safe (güvenli arıza) olmalıdır.

Bileşenler, sistemde ortaya çıkabilecek en kötü durum koşullarına göre boyutlandırılmalıdır.

3.2.5. İlk Arıza

Herhangi bir bileşendeki herhangi bir ilk arıza aşağıdakilerle sonuçlanmalıdır.

- a) Sistem durmalı ve bütün emniyet kapatma valflerinin enerjisi kesilmelidir.
- b) Sistem 3s içinde emniyetli kapatma sağlamalıdır.
- c) Arızanın tanımlanarak çözülmesiyle birlikte, sistem bir sonraki çalıştırma döngüsünde çalışmaya devam eder.
- d) Sistem, bu standardın diğer tüm işlevsel gereksinimlerine uygun olduğunda çalışır durumda kalır.

3.3. Elektronik Kontroller İçin Performans Testi

3.3.1. Ortam Sıcaklığı Testi

Aşağıdaki eklemelerle birlikte EN 13611:2007 standardına uygun olmalıdır.

Alevin fiziksel özelliği, brülör kontrol ünitesi program süresi üzerinde bir etkiye sahipse, imalatçı tarafından belirtilen koşullarla değerlendirme sırasında bu karakteristik dikkate alınmalıdır.

Brülör kontrol ünitesinin program süresi üzerinde etkiye neden olan fiziksel etkiler yeterince tanımlanamıyorsa, alev sensörünün üreticisi, cihaza entegrasyondan sonra gerekli program sürelerine uygunluğun nasıl değerlendirileceğini tanımlamalıdır.

Anahtarlama süreleri ve kaydedilen program sırası 3.5.2 gereksinimlere uygun olmalıdır.

3.3.2. Düşük Sıcaklık Testi ve Yüksek Sıcaklık Testi

Aşağıdaki eklemelerle birlikte EN 13611:2007 standardına uygun olmalıdır.

Anahtarlama süreleri ve kaydedilen program sırası 3.5 ve 3.6 numaralı başlıklarda belirtilen gereksinimlere uygun olmalıdır.

3.4. Elektronik Kontrolcü İçin Uzun Dönem Performans Testi

3.4.1 ve 3.4.2' de anlatılan testler laboratuvar ortamında yapılmalıdır.

3.4.1. Termal Stres Testi

Aşağıdaki eklemelerle birlikte EN 13611:2007+A2:2011 standardına uygun olmalıdır.

Sistem aşağıdaki şartlarda test edilmeli ve sağlıklı bir biçimde çalıştığı gözlemlenmelidir.

- 1) Alev sinyali olmaksızın 2500 çevrim çalıştırılmalıdır.
- 2) Çalışma esnasında alev sinyali kesilerek 2500 çevrim çalıştırılmalıdır.

3.4.2. Titreşim Testi

Aşağıdaki eklemelerle birlikte EN 13611:2007+A2:2011 standardına uygun olmalıdır.

Test en az aşağıdakileri kapsayacak biçimde yapılmalıdır.

- 1) Frekans aralığı: 10-150 Hz
- 2) İvme/ Genlik: 10-58Hz: 0,075 mm veya daha fazlası eğer üretici tarafından teyit edilmiş ise.
- 3) Frekans Arttırma, Azaltma Hızı: 1 octave/dk
- 4) Eksen Sayısı: 3 karşılıklı olarak dik

3.5. Fonksiyonel Gereksinimler

3.5.1. Genel

Eğer fonksiyonel özellikle bu standart dışına çıkıyorsa, üretici detaylı olarak, sebepleriyle beraber standardın dışına çıkma nedenini belirtmelidir.

Ayarlama işleminin yetkisiz kişilerce kullanılmayacağı güvenceye alındığı sürece, program emniyet süreleri, program adımlarının ayarlanmasına izin verilmektedir.

3.5.2. Program

Program, üretici talimatlarında sağlanan ayrıntılara uygun olmalıdır.

Program, kişilerin yaralanmasına veya mülkün zarar görmesine neden olabilecek iki veya daha fazla eylemin gerçekleştirilmesi mümkün olmayacak şekilde olmalıdır.

Eylemlerin sırası, sıralarının değiştirilmesi mümkün olmayacak şekilde belirlenmelidir.

Başlangıç yakıtını sisteme vermek için kullanılan gaz valfi ateşleme cihazından önce enerjilenmemelidir.

Eğer ateşleme cihazından önce gaz valfinin enerjilenmesi gereken özel uygulamalar var ise üretici tarafından bildirilmelidir.

Eğer sistemde alev doğrulama süresi var ise bu süre üreticinin bildirdiği süreden düşük olmamalıdır.

3.5.3. Güvenlik Eylemleri

Programdaki gerekli kontroller aşağıdaki güvenlik eylemlerine yol açmalıdır:

- 1) Birinci veya ikinci güvenlik süresi sonunda herhangi bir alev sinyali yok ise sistem ilgili cihaz standartlarına göre arızaya geçmelidir.
- 2) Harici bir koruma cihazının çalışması, en az güvenlik kapatmasına yol açmalıdır.
- 3) Eğer çalışma anında yetersiz hava tespit edilirse sistem en az güvenlik kapatmasına yol açmalıdır.

3.5.4. Alev Arızası

Sistemin tasarımına bağlı olarak, alev sinyalinin kaybolması durumunda aşağıdaki eylemlerden biri uygulanmalıdır.

- a) Ateşleme tekrarı,
- b) Emniyetli kapatma,

- c) Yeniden çalışma,
- d) Arıza,

3.5.5. Yeniden Çalışma

Sistem tasarımına bağlı olarak, izin verilen son yeniden çalıştırma denemesi sonrası güvenlik zamanı içinde alev algılaması gerçekleşirse sistem devreye girer, eğer alev algılanmazsa sistem arızaya geçer.

3.5.6. Ateşleme Tekrarı

Ateşleme tekrarlı sistemler sistemler, algılanan alevin kaybolmasını takiben ateşleme cihazının 1 saniye içinde enerjilendirileceği şekilde tasarlanmalıdır.

Sistem ateşleme denemesi yapıldığında, alev sinyali birinci emniyet zamanı içinde görülmelidir, eğer görülmezse sistem yeniden çalıştırma moduna veya arızaya geçer.

3.5.7. Başlatma Sırasında Diğer Harici Cihazların Denetimi

Eğer sistem harici cihazları kontrol ediyorsa (hava aktuatörü, sızdırmazlık testi v.b.) her başlatma döngüsünden önce harici cihazlar sistem tarafından kontrol edildikten sonra başlatılmalıdır. Başlatma adımları bu cihazların sağlıklı çalıştığı teyit edildikten sonra devam etmelidir.

3.5.8. Emniyet Kapatmasının Ardından Başlatma

Emniyet kapatmasını oluşturan şartlar giderildiğinde başlatma adımları uygulanabilir.

3.5.9. Alev Simülasyonuna Veya Harici Aleve Karşı Güvenlik

Her başlatma adımında, brülör kontrol ünitesi valflerin açma işlemini gerçekleştirmeden önce harici alevin olmadığını teyit etmelidir.

Eğer başlatma adımında harici alev sinyali varsa güvenlik önlemi aşağıdaki gibi olmalıdır;

Brülör kontrol ünitesi bir sonraki adıma geçmemelidir veya en az güvenli kapatma işlemi gerçekleştirmelidir.

3.5.10. Hava Isıtıcıları İçin Brülör Kontrol Sistemleri

Hava ısıtıcıları için brülör kontrol sistemleri aşağıda belirtilen şartlara uygun olmalıdır.

- a) Ortam sıcaklığındaki teste uygun olmalıdır.
- b) Herhangi bir ateşleme tekrarına izin verilmemektedir.
- c) WLE (air heater) şeklinde etiketlenmelidir.

3.6. Zamanlar ve Operasyonel Adımlar

Süpürme süresi, bekleme süresi, emniyet süresi değiştirilebilir. Ancak bu yetkili kişilerce harici bir cihaz üzerinden sağlanmalıdır. Cihaz üzerinden kolaylıkla bir değişiklik mümkün olmamalıdır. Ayarlama araçları kolayca tanımlanabilir olmalıdır.

Varsayılan değerler, zaman limitleri imalatçı tarafından bildirilmelidir.

3.6.1. Süpürme ve Beklemesi Süreleri

Bu değerler imalatçının belirlediği sürelerin altında olmamalıdır. Eğer süreler ayarlanabiliyorsa, bu süreler laboratuvar ortamında test edilen değerlerin altında olmamalıdır.

3.6.2. Pilot Brülörsüz Ateşleme, Pilot Brülör Tarafından Sağlanan Ateşleme

Eğer ateşleme pilot brülör üzerinden olmayacaksa, pilot brülör için kapatma valflerinin enerjilendirildiği süre 5 saniyeyi geçmemelidir. Bu süre ana brülör ve pilot brülörün kapatma vanalarının enerjilendirildiği süre ile sınırlıdır. Ek olarak pilot brülörün ateşleme trafosu, ana brülörü ateşlemek için kullanılmamalıdır.

Eğer ateşleme pilot brülör üzerinden olacaksa, pilot brülör için emniyet süresi (birinci emniyet süresi) 5 saniyeyi geçmemelidir. Alev arızası tepki süresi 5 s' yi geçmemelidir.

3.6.3. Emniyet Süreleri

Emniyet süreleri imalatçının bildirdiği süreden daha yüksek olmamalıdır. Eğer sistemde ayarlanabilir emniyet süresi mevcutsa, bu süreler laboratuvar ortamında test edilen değerlerin üstünde olmamalıdır.

3.6.4. Alev Arızası Tepki Süresi

Kabul edilmiş bir özel uygulama standardı yok ise, ateşleme tekrarı uygulanmıyorsa alev arızası tepki süresi 1 s üstünde olmamalıdır.

3.6.5. Emniyetli Kapatma Tepki Süresi

Kabul edilmiş bir özel uygulama standardı yok ise, emniyetli kapatma tepki süresi 1 s üstünde olmamalıdır.

3.6.6. Arızaya Geçme Tepki Süresi

Arıza durumu oluştuğunda, emniyetli kapatma sonrası 30 s içinde arızaya geçmelidir.

3.6.7. Alev Arızası Algılama Süresi

Kabul edilmiş bir özel uygulama standardı yok ise, bağımsız alev denetleme cihazlarında alev arızası algılama süresi 1 s üstünde olmamalıdır. Maksimum alev arızası algılama süresi imalatçı tarafından bildirilmelidir.

3.6.8. Alev Algılama Cihazı

Alev algılama cihazından okunacak minimum ve maksimum değer aralığı imalatçı tarafından bildirilmelidir.

Sürekli çalışma için tasarlanan sistemlerde, sistem çalışırken, alev algılama cihazı en az saatte bir kendi kendini kontrol etme (self-checking) özelliğine sahip olmalıdır.

İyonizasyon alev dedektörü cihazları, alevin yalnızca doğrultma özelliğini kullanmalıdır.

Alev sensörünün açık devre olma durumu alevin kaybolmasıyla sonuçlanmalıdır.

3.6.9. Alev Algılama Cihazları İçin Özel Gereksinimler

Görünür radyasyona duyarlı alev dedektörü cihazları, yalnızca alevin titreme özelliğine tepki verecektir. Bu cihazlar şebeke frekansına veya 400 Hz' e kadar frekansın harmoniklerine duyarlı olmamalıdır. Alev algılama cihazı 400-800 nm (nanometre) aralığında ışığa duyarlı olmalıdır.

3.6.10. Kilitleme İşlevi

Her başlangıç adımıında kilitleme fonksiyonu sistem tarafından kontrol edilmelidir.

Brülör kontrol sisteminin kalıcı kilitleme durumunu saklama kapasitesi, en azından her ana güç geri yüklemesi sırasında kontrol edilmelidir.

Eğer kilitleme işlevinin sağlıklı çalışmadığı gözlemleniyorsa, sistem emniyetli bir şekilde kapanmalıdır.

3.7. Elektromanyetik Uyumluluk (EMC)/ Elektriksel Gereklilikler

3.7.1. Çevresel Etkilere Karşı Koruma

Aşağıdaki testlerden herhangi biri sırasında başarısız olan bir bileşen, bu standarda uyulmamasına neden olacaktır.

Testler için minimum değerler 3.7.2 ile 3.7.10 aralığında verilmiştir. Testler aşağıdaki sıraya uygun gerçekleştirilmelidir.

Brülör kontrol üniteleri için;

- a) Start durumu,
- b) Çalışma durumu,
- c) Arıza durumu

Bağımsız Alev Sensörü;

- a) Alev yok durumu,
- b) Alev var durumu,
- c) Arıza durumu (eğer uygulanabilirse)

Değerlendirme Kriteri I:

3.7.2 ile 3.7.10 aralığındaki şiddet seviyelerinde test edildiğinde, brülör kontrol sistemi bu standardın gerekliliklerine göre çalışmaya devam etmelidir. Sistem arızaya, emniyetli kapatmaya veya reset konumuna geçmemelidir.

3.7.2 ile 3.7.10 aralığındaki şiddet seviyelerinde test edildiğinde, bağımsız alev sensörü bu standardın gerekliliklerine göre çalışmaya devam etmelidir. Sistem arızaya, alev kopmasına veya reset konumuna geçmemelidir.

Değerlendirme Kriteri II:

3.7.2 ila 3.7.10 aralığındaki şiddet seviyelerinde test edildiğinde, sistem ya Değerlendirme kriteri I' e göre çalışacak ya da otomatik yeniden başlatma ile takip edilebilen güvenlik kapatmasına geçebilir veya geçici kilitleme durumunda otomatik yeniden başlatmaya geçebilir.

Seviye 3'e ek olarak şiddet seviyesi 4 testinin gerekli olduğu durumlarda ya yukarıdaki gibi gerçekleştirecek ya da güvenlikle ilgili tüm çıkış terminallerinin enerjisi kesilerek, güvenli bir durum sağlandığı varsayılarak cihaz çalışmaz hale gelecek.

3.7.2. Anma Geriliminin %85'inin Altındaki Besleme Gerilimi Değişimleri

Aşağıdaki eklemelerle birlikte EN 13611:2007+A2:2011 standardına uygun olmalıdır.

Değerlendirme Kriteri:

Sistem 3.7.1' de belirtilen değerlendirme kriteri I' de belirtilenlere göre çalışabilir veya otomatik restart sonrası güvenli kapatma yapabilir.

3.7.3. Kısa Süreli Voltaj Kesintileri ve Düşüşleri

Aşağıdaki eklemelerle birlikte EN 13611:2007+A2:2011 standardına uygun olmalıdır.

1 periyot voltaj düşüşleri veya kesintilerinde, kontrol 3.7.1' de belirtilen değerlendirme kriteri I'e uygun olmalıdır.

1 periyottan fazla düşüş olduğunda kontrol aşağıdaki gibi olmalıdır.

Sistem değerlendirme kriteri I' de belirtilenlere göre çalışabilir veya otomatik restart sonrası güvenli kapatma yapabilir.

3.7.4. Besleme Frekansı Varyasyonları

3.7.4.1.%2' ye Kadar Varyasyon

Aşağıdaki eklemelerle birlikte EN 13611:2007+A2:2011 standardına uygun olmalıdır.

Şebeke frekansı -%2 ila %2 aralığında değiştirilmelidir. Frekans değişimi 0,98f, 0,99f, 1,01f, 1,02f olacak şekilde en az 3 defa başlatma adımına, çalışma adımına, emniyetli kapatma adımına, arıza adımına uygulanmalıdır.

Test esnasında kontrol 3.7.1' de belirtilen değerlendirme kriteri I' e uygun olmalıdır.

3.7.4.2.%2-%5 Aralığında Varyasyon

Aşağıdaki eklemelerle birlikte EN 13611:2007+A2:2011 standardına uygun olmalıdır.

Şebeke frekansı -%5 ile %5 aralığında değiştirilmelidir. Frekans değişimi 0,95f, 0,96f, 0,97f, 1,03f, 1,04f, 1,05f olacak şekilde en az 3 defa başlatma adımına, çalışma adımına, emniyetli kapatma adımına, arıza adımına uygulanmalıdır.

Test esnasında kontrol 3.7.1' de belirtilen değerlendirme kriteri II' ye uygun olmalıdır.

3.7.5. Dalgalanma Bağışıklık Testi

Aşağıdaki eklemelerle birlikte EN 13611:2007+A2:2011 standardına uygun olmalıdır.

Her polarite (+,-) ve her faz açısı için beş darbe aşağıdaki sırayla iletilir:

Brülör kontrol ünitesi için;

- 1) Arıza durumunda iken 2 darbe,
- 2) Çalışma durumunda iken 1 darbe,
- 3) Çalışma adımları uygulanırken rastgele 2 darbe,

Bağımsız alev sensörü için,

- 1) Alev algılanmıyor iken 2 darbe,
- 2) Alev algılanıyor iken 2 darbe,
- 3) Arıza durumunda 1 darbe (eğer uygulanabilirse),

İmalatçı tarafından aksi belirtilmedikçe, her darbe arasındaki aralık 60s' den az olmamalıdır.

Kontrol 3.7.1' de belirtilen değerlendirme kriterleri I ve II' ye uygun olabilir.

3.7.6. Elektriksel Hızlı Geçici/ Patlama Bağışıklık Testi

Aşağıdaki eklemelerle birlikte EN 13611:2007+A2:2011 standardına uygun olmalıdır.

Brülör kontrol ünitesinin çalışma durumuna geçmesinden sonra en az 5 defa 30 s boyunca test uygulanmalıdır.

Arıza durumunda ve başlatma durumunda en az 5 defa olmak üzere en az 1 dk boyunca test uygulanmalıdır.

Bağımsız alev sensörü en az 5 defa olmak üzere her bir aşama için 1 dk boyunca test uygulanmalıdır.

Kontrol 3.7.1' de belirtilen değerlendirme kriterleri I ve II' ye uygun olabilir.

3.7.7. İletim Yollu Bağışıklık Testi,

Aşağıdaki eklemelerle birlikte EN 13611:2007+A2:2011 standardına uygun olmalıdır.

3.7.1'e göre her bir çalışma fazında en az bir defa tüm frekans aralığı boyunca test edilmelidir.

Kontrol 3.7.1' de belirtilen değerlendirme kriterleri I ve II' ye uygun olabilir.

3.7.8. Işımayla Bağışıklık Testi

Aşağıdaki eklemelerle birlikte EN 13611:2007+A2:2011 standardına uygun olmalıdır.

3.7.1'e göre her bir çalışma fazında en az bir defa tüm frekans aralığı boyunca test edilmelidir.

Kontrol 3.7.1' de belirtilen değerlendirme kriterleri I ve II' ye uygun olabilir.

3.7.9. Statik Elektriğin Deşarjı Testi

Aşağıdaki eklemelerle birlikte EN 13611:2007+A2:2011 standardına uygun olmalıdır.

3.7.1'e göre her bir çalışma fazında test edilmelidir.

Kontrol 3.7.1' de belirtilen değerlendirme kriterleri I ve II' ye uygun olabilir.

3.7.10. Güç Frekansı Manyetik Alan Bağışıklık Testi

Aşağıdaki eklemelerle birlikte EN 13611:2007+A2:2011 standardına uygun olmalıdır.

3.7.1'e göre her bir çalışma fazında test edilmelidir.

Kontrol 3.7.1' de belirtilen değerlendirme kriterleri I ve II' ye uygun olabilir.

3.7.11. Elektriksel Gereklilikler

Aşağıdaki eklemelerle birlikte EN 13611:2007+A2:2011 standardına uygun olmalıdır.

Brülör kontrol sistemi, EN 60730-2-5:2002+A1:2004+A11:2005+A2:2010, madde 23'ün gerekliliklerine uygun olmalı veya üretici, müşteriye brülör kontrol sistemi ekipmanının devreye alınmasından sonra EMC emisyon gerekliliklerinin test edileceğine dair açık bir gösterge sağlamalıdır.

3.8. Etiketleme, Kurulum ve Kullanım Kılavuzu

3.8.1. İşaretleme

Aşağıdaki eklemelerle birlikte EN 13611:2007+A2:2011 standardına uygun olmalıdır.

Sistem ve/ veya komponentler açık ve silinmez karakterler ile işaretlenmelidir.

- a) Her sigorta tutucusunun yanına, değiştirilebilen sigorta sayısı ve özellikleri,
- b) İşaretler, ör. sistemin terminalleri üzerindeki veya yakınındaki referans numaraları
- c) Birinci veya ikinci emniyet süresi,
- d) Sistem, Anma gerilimi veya gerilim aralığı ve frekansı kendi kutusu üzerine,
- e) Eğer sistem hava ısıtıcıları için tasarlanmışsa “WLE”.

3.8.2. Kurulum ve Kullanım Kılavuzu

Aşağıdaki eklemelerle birlikte EN 13611:2007+A2:2011 standardına uygun olmalıdır.

Talimatlar, uygun yer, montaj, bağlantı, çalıştırma ve bakım için gerekli verileri içermelidir.

Talimatlar en az aşağıdakileri sağlanmalıdır.

- a) Besleme voltajı ve frekansı,
- b) Maksimum ve minimum çalışma sıcaklığı,
- c) Koruma sınıfı göstergesi,
- d) Farklı besleme gerilimi devrelerine bağlantı için net göstergeler,
- e) Program sürelerinin, sınırlarının ve varsa ayar aralığının ayrıntılarının bir listesi ve şeması,
- f) Çıkış bağlantılarının çekebileceği maksimum akım,
- g) Cihazı montajlama şekli,
- h) Otomatik brülör kontrol sistemi devrelerinin voltajı ve frekansı,
- i) Uygulanabilir alev sensörü tipi. Minimum ve maksimum algılanan alev,
- j) İlgili optik alev sensörünün referans kodu ve dayanabilecekleri sıcaklık aralığı,
- k) Alev sensörü ve diğer harici komponentler için kullanılacak kablo tipi, kesiti, uzunluğu,
- l) Harici elektrik bağlantı diyagramı,
- m) 25W' tan yüksekse, sistemin W cinsinden nominal girişi,
- n) Brülör kontrol sisteminin veya bağımsız alev dedektör cihazının her bir terminali için bir sınıf I, II veya III izolasyon tipinin gerekli olup olmadığını gösteren bilgiler. Bu bilgiler, devrenin SELV, PELV veya koruyucu empedans içermediğini belirtmektedir.
- o) Bir termostatin veya benzer bir cihazın anahtarlama eyleminin brülör kontrol sistemini geçici kilitlemeden sıfırlayabileceğine dair bir gösterge,
- p) Emniyet kapatması zamanının beyanı, eğer bu süre 1 s' yi aşarsa bu sürenin dayandığı standart,
- q) Sistemin DC beslemeli mobil uygulamalarda kullanılması amaçlanıyorsa veya herhangi bir uygulama için gerekliyse, üretici tarafından titreşime dayanıklılık beyanı,

- r) Sigortanın yetkisiz kişilerce değiştirilmesini önlemek için harici önlemler,
- s) Alev arızası tepki süresi ve alev arızası algılama süresi için maksimum belirlenen süre,

İmalatçı tarafından sağlanan aşağıdaki veriler test laboratuvarı için kullanılabilir.

- a) İşletme özellikleri,
- b) Çalışma ömrü, (en az 250,000 aç kapaya dayanıklı olması gerekmektedir)
- c) Başlangıçtan başarılı çalışmaya kadar minimum döngü süresi,
- d) Bileşenlerin karakteristik arıza modlarını ve bu arızaların diğer bileşenler üzerindeki etkisini ve sistemin işleyişini kapsayan eksiksiz bir arıza analizi,
- e) Sisteme müdahale gerektiğinde uygulanması gereken prosedür,
- f) Güvenlik fonksiyonlarının değerlendirilmesini sağlamak için yeterli tasarım detayları. Tasarım detayları toleransın kritik devre bileşenleri üzerindeki etkisine ilişkin üretici tasarım hesaplamasını içermelidir,
- g) Detaylı olarak hazırlanan kurulum, servis ve bakım talimatları ve değiştirilebilir parça listesi,
- h) İmalatçının test aşamaları ve ilgili ek bilgiler,
- i) Elektriksel değerler, toleransları ve bileşen listesi ile birlikte devre şeması,
- j) Yazılım dokümantasyonu (uygulanabilir olduğunda)

Bileşen özellikler aşağıdakileri içermelidir;

- 1) Tip,
- 2) Değerler,
- 3) Toleranslar,
- 4) Derecelendirmeler,
- 5) Çalıştırma değerleri,
- 6) Bileşen üreticileri/ tedarikçileri,
- 7) Sistemin kullanılmasının amaçlandığı uygulamalar.

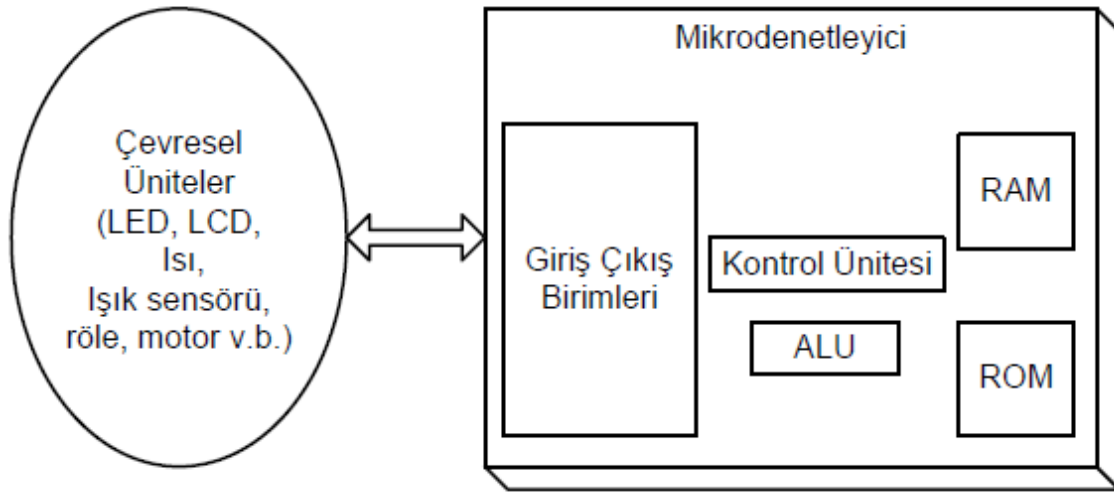
4. STM 32 MİKRODENETLEYİCİSİ VE OLED LCD EKLAN

4.1. Mikrodenetleyici Mimarisi

Mikrodenetleyiciler, bir programı içerisinde depolayarak, çalıştırabilme özelliğine sahip programlanabilen tek bir çipten oluşan bilgisayarlardır. Mikrodenetleyicileri, mikroişlemcilerden ayıran en önemli özellik budur.

Mikrodenetleyicilerde bir CPU (Central Process Unit), RAM (Random Access Memory) ROM (Read Only Memory) , input - output (giriş - çıkış I/O) uçları , seri ve paralel portlar, sayıcılar (counter) ve bazı mikrodenetleyicilerde de Analog 'dan Dijital 'e (A/D) ya da Dijital 'den Analog 'a (D/A) çeviriciler (konvertör) bulunur. Mikroişlemciler kullanılarak oluşturulan sistemlerde ise bu özelliklerin her biri için ayrı mikroişlemci kullanılır.

Mikrodenetleyiciler, elektrikli ev aletlerinde, televizyonlarda, fotokopi makinelerinde, motor kontrol sistemlerinde, PLC' lerde, hırsız alarm ve güvenlik sistemlerinde, otomobillerde ve benzer birçok sistemde kontrol elemanı olarak kullanılmaktadırlar. Şekil 4.1.' de mikrodenetleyici mimarisi mevcuttur.



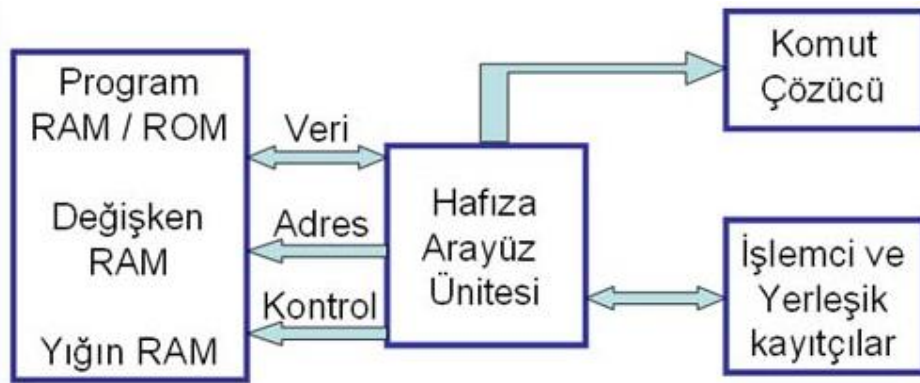
Şekil 4.1. Mikrodenetleyici Mimarisi

Mikrodenetleyicileri mikroişlemcilerden ayıran diğer bir özellikleri gerçek zamanlı uygulamalarda çalışmalarıdır. Gerçek zamanlı uygulamalarda işlemcinin dışındaki elektronik ortamdan gelen işaretler çok hızlı değişim gösterebilir. Bu nedenle bunları

işleyip gereken çıkışları aynı hızla dış dünyaya uygulamak gerekebilir. Mikrodenetleyiciler böyle bir performansı, çok küçük boyutlarda ve çok daha az güç tüketerek gerçekleştirebilirler. Öte yandan mikrodenetleyicilerin matematik işlem yapma yeteneklerinin kısıtlı olduğundan, çok çeşitli on-chip çevre birimlerine sahip olmakla birlikte bunların kapasitelerinin de sınırlı olması nedeniyle bir mikroişlemcinin kullanıldığı (kişisel bilgisayar gibi) yerler için uygun değildirler. Sonuç olarak mikroişlemciler ve mikrodenetleyiciler temelde aynı alt yapı çalışma mantığına sahip olmakla birlikte kullanım yeri ve amacına göre iki ayrı grup ürün olarak değerlendirilebilir.

Hafıza organizasyonu açısından mikrodenetleyiciler Van Neuman ve Harvard olmak üzere iki mimari üzerine tasarlanırlar.

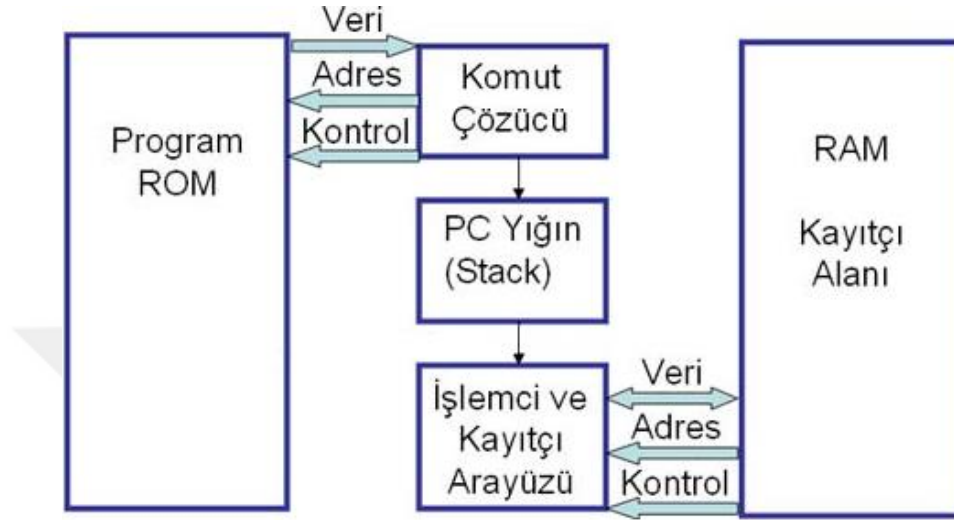
Von Neuman mimarisinde tümleşik tek bellek bulunur. Yani veri ve program alanı aynı hafıza haritası üzerinde yer alır. Bu mimarinin birimleri bellek, merkezi işlem birimi ve giriş/ çıkış birimleridir. Bileşenler arasındaki iletişim, iletişim yolları adı verilen kanallar ile gerçekleşir. Bu iletişim yolları; veri yolları, adres yolları ve kontrol yollarıdır. Bu mimarinin en önemli özelliği işlem biriminin bellek biriminden ayrıştırılmasıdır. Komut ve veri için aynı belleğin kullanıldığı 'Von Neuman Mimarisi', komut ve veriler aynı yol kullanılarak iletilirler.



Şekil 4.2. Van Neuman Mimarisi

Harvard mimarisinde yalıtılmış çift bellek bulunur. Yani veri ve program alanı ayrı hafıza üniteleri üzerindedir. Bu mimaride veri ve komutları iletmek amacıyla kullanılan yollar birbirinden bağımsızdır. İletim için kullanılan yolların farklı olması, aynı anda veri ve komutun iletilmesini mümkün hale getirir. Diğer bir ifadeyle, komut kod bellekten

okunurken, komutun gerçekleştirilmesi sırasında ihtiyaç duyulan veri, veri belleğinden okunabilir. Harvard Mimarisi, performansın çok önemli olduğu sistemlerde ve özellikle sayısal işaret işleme görevini yapan tümleşik devrelerde (DSP: Digital Signal Processor) ve güvenliğin önemsendiği mikrodenetleyicilerde tercih edilmektedir. (2, 2022)



Şekil 4.3. Harvard Mimarisi

4.2. Mikrodenetleyici Seçimi

Mikrodenetleyici seçerken hangi özellikte bir cihaz tasarlanacağı bilinmelidir. Sonrasında bu cihaza uygun özelliklerde mikrodenetleyici seçilmelidir. Yapılacak proje için aşağıdaki yer alan özelliklerin hangilerine ne seviyede ihtiyaç olacağı belirlenmeli ve bu özelliklere uygun mikrodenetleyici seçilmelidir.

- Programlanabilir Analog/Digital giriş/çıkış ucu sayısı
- Seri giriş/çıkış ucu sayısı
- Analog karşılaştırıcı özelliği
- Motor ve servo motor için saat sinyali çıkışı
- Harici giriş ile kesme seçeneği
- Timer (zamanlayıcı) ile kesme seçeneği
- Harici bellek arabiriminin varlığı
- Program belleği kapasiteleri
- Dahili RAM kapasitesi
- Dahili EEPROM seçeneği
- Osilatör frekans değeri

4.3. STM32F103C8T6 Mikrodenetleyicisi Özellikleri

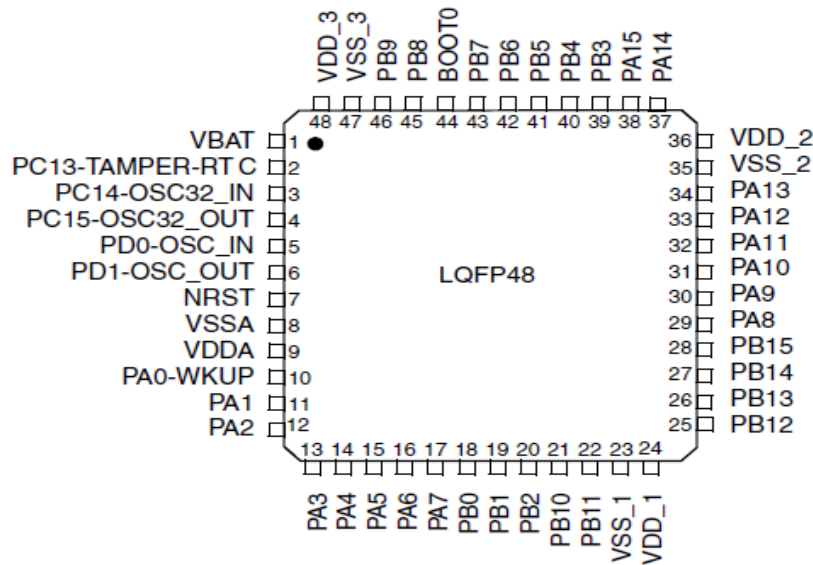
STM32F103C8T6 ST Microelectronics'in üretmiş olduğu ARM Cortex-M3 çekirdeğine sahip ve maksimum 72 MHz'de çalışabilen bir karttır. ARM Cortex-M3 RISC mimarisiyle çalışmaktadır. 128Kbyte kadar Flash Memory (Flash Bellek) ve 20 Kbyte kadar da SRAM içermektedir. STM 32F103C8T6 kartının temel özelliklerinin yer aldığı tablo aşağıdadır. Tablo 4.1.' de brülör kontrol ünitesi tasarımında kullanılan mikrodenetleyicinin özellikleri mevcuttur.

Tablo 4.1. STM32F103C8T6 Mikrodenetleyicisi Özellikleri

Mikrocontroller(Mikrodenetleyici)	STM32F103C8T6
Operation Voltage(Çalışma Gerilimi)	3.3V
Analog Inputs(Analog Girişler)	10
Digital I/O Pins(Dijital Giriş Çıkışlar)	37
DC Source/sink from I/O Pins	6mA
Flash Memory(KB)	64/128
SRAM(KB)	20
Frequency Clock Speed(Saat Hızı)	72Mhz Maksimum
Communication(İletişim)	I2C, SPI, UART, CAN, USB

TS EN 746-2 Standardına Göre Brülör Kontrol Ünitesinin Tasarımı adlı çalışmada STM32F103C8T6 kartı kullanılmıştır.

Şekil 4.4.' te STM32F103C8T6 kartının pin diyagramı yer almaktadır.



Şekil 4.4. STM32F103C8T6 Mikrodenetleyicisinin Pin Diyagramı

4.4. 128x64 0.96 Inch Oled Grafik Lcd Ekran - SSD1306

Brölör kontrol ünitesi üzerindeki hata kodlarının ve durum bilgilerinin görölmesi amacıyla 128x64 0.96 inch oled ekran kullanılmıştır. SSD1306 işlemcisini kullanan OLED ekran I2C protokolü ile haberleşmektedir. 4 pine sahip bu ekranda Vcc +5V, GND toprak, SDA ve SCL ise I2C pinleridir. 128x64 0.96 inch oled ekran kullanıcıya şık bir arayüz sunmaktadır.

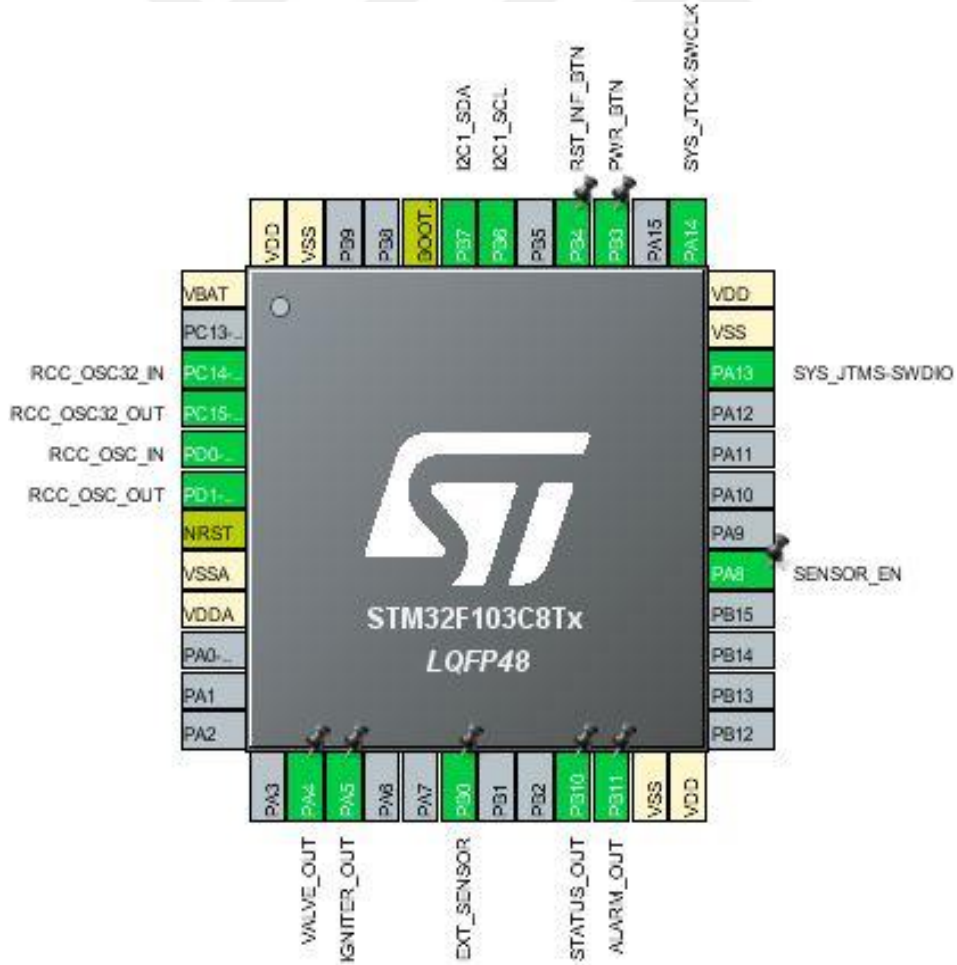
128x64 0.96 Inch Oled Ekran Özellikleri

- Arkaplan ışığı gerektirmez ürün kendinden ışıklıdır
- Yüksek Çözünürlük: 128 * 64
- İzleme Açısı:> 160 °
- Yaygın platform desteği: Arduino, 51 Series, MSP430 Series, STM32 / 2, CSR IC ve benzerleriyle tam uyumludur.
- Ultra-düşük güç tüketimi: Tam ekran aydınlıkken: 0.08W
- Voltaj: 3V ~ 5V DC
- Çalışma Sıcaklığı: -30 ila +70C
- Modül Boyutları: 27.0mm * 27.0mm * 4.1mm
- I2C/IIC Interface, yalnızca 2 pin gerektirir.
- Driver IC: SSD1306
- Beyaz renk

5. BRÜLÖR KONTROL ÜNİTESİ, ALEV SENSÖRÜ TASARIMI VE KULLANIM KILAVUZU

5.1. Mikrodenetleyici Port Tanımlamaları ve Görevleri

Şekil 5.1.' de EN 298 ve TS EN 746-2 standartlarına uygun cihazın tasarlanması amacıyla kullanılan mikrodenetleyicinin bağlantı portlarının tanımlamaları mevcuttur. STM32F103C8T6 mikrodenetleyicisinin VDD-VSS ve VDDA-VSSA uçlarına 3.3V.DC besleme (VDD, VDDA (+)-VSS, VSSA (-)) verilmiştir. Bunun haricinde PA4 “VALF ÇIKIŞI”, PA5 “ATEŞLEME ÇIKIŞI”, PB0 “HARİCİ SENSÖR GİRİŞİ”, PB10 “DEVREDE ÇIKIŞI”, PB11 “ALARM ÇIKIŞI”, PA8 “HARİCİ SENSÖR DEVREDE ALMA ANAHTARI”, PB3 “AÇMA-KAPATMA BUTONU”, PB4 “RESET BUTONU”, PB7 VE PB8 “I2C1_SDA VE I2C1_SCL HABERLEŞME GİRİŞLERİ” olarak tanımlanmıştır.



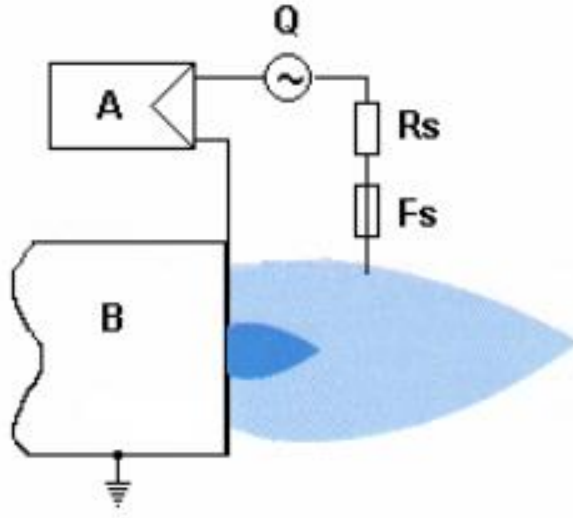
Şekil 5.1. STM32F103C8T6 Mikrodenetleyicisinin Port Tanımlamaları

İlgili tanımlamaları daha iyi anlayabilmek adına sistem çalışmasını kısaca özetlenecek olursa, PB3' te tanımlı açma-kapatma butonundan sinyal geldiğinde sistemde harici bir alev olmadığı teyit edildikten sonra, sistem tanımlanan başlangıç emniyet süresi boyunca ateşleme denemesi yapar. Bu esnada ateşleme için ve valf çıkışı için tanımlanan süre boyunca PA4' te yer alan valf çıkışı ve PA5' te yer alan ateşleme çıkışı aktif olur. Bu süre zarfı içinde PB7 ve PB8 uçlarına tanımlı I2C1_SDA ve I2C1_SCL haberleşmesi üzerinden mikroamper mertebesinde bir sinyal okunuyorsa PB10' da tanımlı devrede sinyali aktif olur ve PA4' te tanımlı valf çıkışı çalışmaya devam eder. Eğer emniyet süre zarfı içinde mikroamper mertebesinde bir sinyal okunamadıysa PB11' de tanımlı alarm çıkışı aktif olur ve valf çıkış vermeyi durdurur. Alarm sonrası PB4' te tanımlı olan reset tuşuna basılırsa aynı işlemler tekrardan gerçekleşir. Mikrodenetleyici 3.1.7' de belirtilen algoritmaya uygun çalışacak şekilde tasarlanmıştır ve gerçekleştirilmiştir.

Brülör kontrol ünitesi prototipi iki ayrı cihaz olarak tasarlanmıştır ve gerçekleştirilmiştir. Bunlardan birincisi alev sensörü ikincisi ise kontrol ünitesidir. İlerleyen bölümlerde tasarım aşamaları detaylı olarak paylaşılacaktır.

5.2. İyonizasyon Elektrodu ve Alevin Okunması

Alev (veya ateş), kısmen iyonize bir plazma ortam olarak tanımlanır. Bununla birlikte, alevde bir plazmanın bulunup bulunmadığı, yakılan malzemeye ve sıcaklığa bağlıdır 0 Herhangi bir iyonize gaz, plazma olarak adlandırılmaz. Herhangi bir gazda her zaman küçük bir iyonlaşma derecesi vardır 0 Bir alevin, bir elektrik plazmasının iyi bilinen özelliklerine sahip olan kısmına “alev plazması” denir ve sonuç olarak her alev türü bu ayrımı hak etmez (Engel ve Cozens, 1976). Alevin referanslarda açıklanan iyonlaşma niteliğine bağlı olarak alevin kalitesi veya yanmanın gerçekten gerçekleşip gerçekleşmediği iyonlaşma sonucu ortamda açığa çıkan serbest elektronların neden olduğu iletken ortam kullanılarak kontrol edilebilir. Bu işlem iyonizasyon elektrotu olarak adlandırılan bir ekipman ile gerçekleştirilir. Alev, gövdesi topraklanmış bir brülör ile iyonizasyon elektrotu arasında doğrultulmuş bir sinyal hattı oluşturan ateşleme ünitesi yapısı Şekil 5.2. 'de gösterilmiştir. Burada alevin doğrultucu etkisi ve elektriğin iletkenliği ilkesi kullanılır.



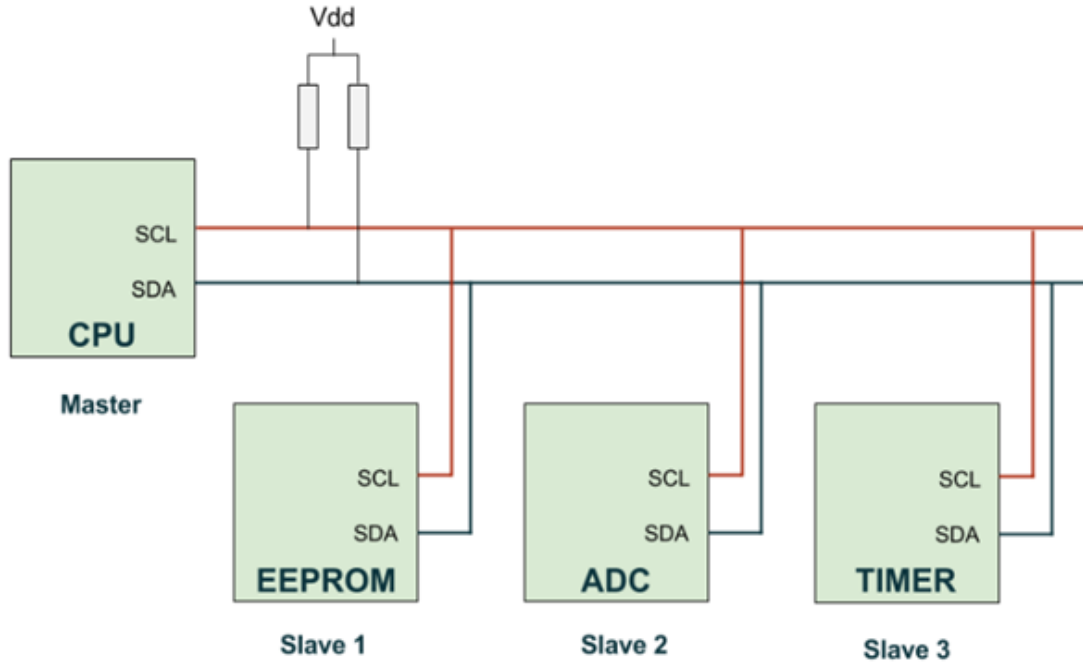
Şekil 5.2. İyonizasyon Elektrodu Çalışma Prensibi

Burada; A, yükselteç devresini; B, brülörü; Fs, iyonizasyon elektrodu; Q, alternatif gerilim kaynağını ve Rs, koruyucu direnci göstermektedir. İyonizasyon akımını okumak için kullanılan iyonizasyon elektrodu ısıya dayanıklı birkaç milimetre kalınlığında alüminyum oksitle kaplanmış bir teldir. Brülör kontrol ünitelerinde alev yükselteç devrelerinden elektrot vasıtasıyla sisteme alternatif bir gerilim (180-300V A.C) uygulanır. Böylece iyonizasyon akımı elektrot ile brülör namlusu arasında akmaya başlar. Alevin doğrultucu etkisinden dolayı oluşan DC voltaj brülör kontrol ünitesine iletilir. Bu noktada alevin kalitesi, iyonlaşma kalitesini ve dolayısıyla iletkenliği belirleyerek akan DC sinyalin değerini belirler. İletilen DC akım teknik veriler çerçevesinde değerlendirilir sonrasında brülör kontrol ünitesi “alev var” veya “alev yok “ sinyali verir (4, 2022).Yükselteç ve Analog-Dijital Dönüştürücü (ADC) devreleri kullanılarak alev kalitesine belirten mikroamper mertebelerinde ölçülen iyonizasyon sensörü akımı değeri brülör kontrol ünitesi üzerindeki display üzerinden görülebilmektedir.

5.3. I2C Haberleşme Protokolü

İşlemci ve mikrodenetleyiciyle aynı veri yolu üzerinden birden çok cihazla haberleşmeye yarayan seri haberleşme protokolüdür. Haberleşmeyi master cihazı kontrol eder ve haberleşme sağlanabilmesi için en az bir adet slave cihazı olmalıdır. I2C haberleşmesi yapı olarak 2 tellidir. Toprak hattı hariç olmak üzere, haberleşme için 2 hatta ihtiyaç vardır. Bunlar SDA (Serial Data) ve SCL’ dir (Serial Clock). Genellikle kısa mesafeli ve

düşük aktarım hızı olan yerlerde kullanılır (3, 2022). Şekil 5.3.' te örnek bir bağlantı şeması bulunmaktadır.



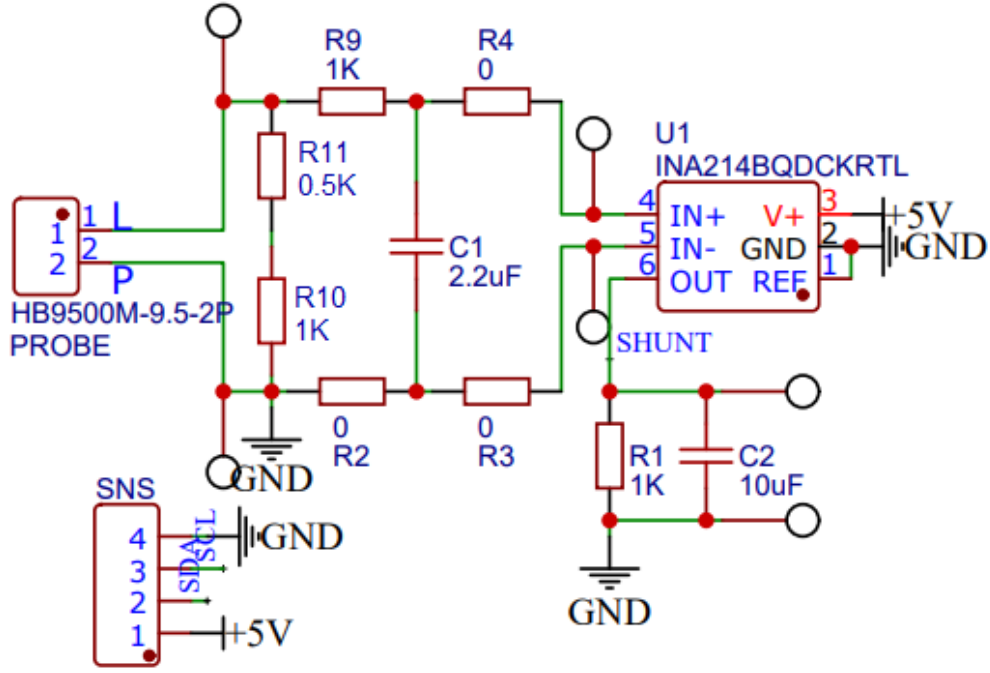
Şekil 5.3. I2C Haberleşmesi

I2C Protokolünün Temel Özellikleri

- 2 kablolu iletişim kanallarına sahiptir. Bunun haricinde referans olarak (GND) toprak hattına ihtiyaç duyar.
- İletişimi başlatmaktan ve sonlandırmaktan sorumlu birim master' dır.
- Genellikle slave' ler 7 bitlik adreslere sahiptir ve bu adresler üzerinden erişim sağlanır. Aynı veri yolu üzerine 112 cihaz bağlanabilir.
- Master ve slave arasındaki iletişim çift yönlü olup bidirectional olarak adlandırılmaktadır.
- İletişimin hatasız sağlanması için SDA ve SCL pull-up dirençlerle Vdd hattına bağlanmalıdır.

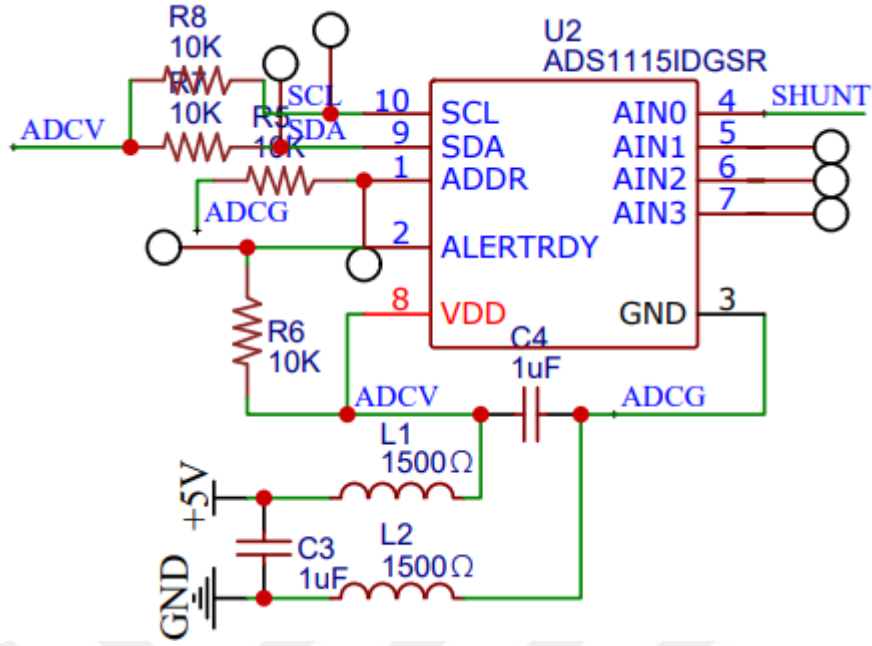
5.4. Alev Sensörünün Tasarımı

Yapılan deneyler çerçevesinde sisteme 220V.AC gerilim verildiğinde ve sistemde eğer alev sağlıklı bir biçimde oluşuyorsa 20 uA mertebelerinde iyonizasyon sinyali okunduğu gözlemlenmiştir. Bu bağlamda, Şekil 5.4.' te görüldüğü gibi bir tasarım sağlanmıştır.



Şekil 5.4. Alev Sensörü Bağlantı Şeması

Burada L faz girişini P elektrot girişini ifade eder. R11 ve R10 dirençleri toplamı $1,5 \text{ k}\Omega$ dur. Sisteme alternatif gerilim uygulandığında 20 uA ölçüleceği hesaplanarak yapılan tasarım neticesinde, $V=IR$ formülünden, $V=20 \times 10^{-6} \times 1,5 \times 10^3 = 0,03 \text{ V}$ hesaplanmıştır. Oluşabilecek alternatif akımı önlemek amaçlı oluşan yeni voltaj değeri alçak geçiren filtreden yani R9 ve C1 üzerinden geçirilerek INA214BQDCKRTL modülüne girilmiştir. INA214BQDCKRTL modülü $2,7 \text{ V}$ - 26 V aralığında çalışabilmekte olup, $100 \times$ kazançlı opamptır. Yani gelen değeri $100'$ e çarparak çıkışa verir. Çıkıştan gelen değer sağlıklı ölçülebilmesi amacıyla R1 direnci, voltaj dalgalanmalarından etkilenmemesi amacıyla C2 kondansatörü kullanılmıştır. SHUNT ucundan çıkan bağlantı Şekil 5.5' te yer alan ADS1115IDGSR modülünün 4 numaralı ucuna bağlanır. ADS1115IDGSR 16 bitlik ADC dönüştürücü modülüdür. Yani gelen 3 V değerini $3 \text{ V}/2^{16}$ çözünürlüğünde görüntüleyebilme olanağı sağlar.



Şekil 5.5. ADC Modülü

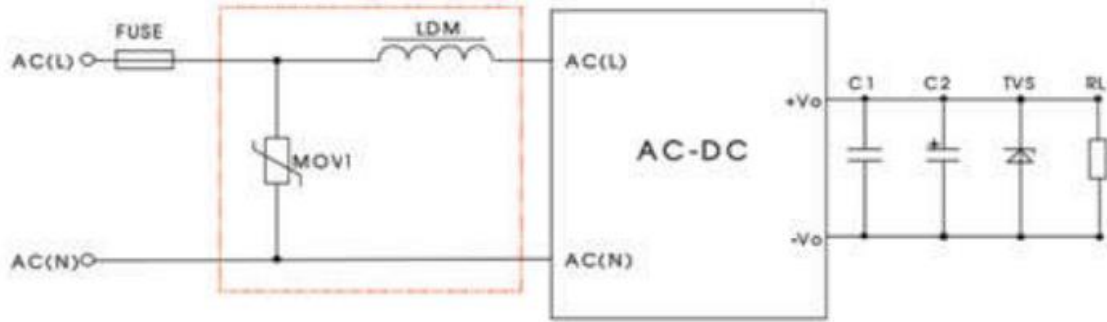
Burada R8 ve R10 pull-up dirençleridir. Cihaz 5V besleme ile çalışmaktadır. Bunun haricinde ferrit filtreleme yöntemi ile oluşabilecek yüksek frekanslar engellenmiştir. SDA ve SCL bağlantı noktalarından gelen bağlantılar soket vasıtasıyla OLED ekrandaki SDA ve SCL bağlantıları ile seri bir şekilde bağlanarak mikrodentleyicinin PB7 ve PB6 uçlarına bağlanmıştır. Bu işlemler yapılarak alternatif gerilim uygulanan modülden alev olduğundan doğrultulmuş bir gerilim elde edilmiştir. Elde edilen gerilim yükselteç devresi üzerinden yükseltilerek ADC dönüştürücüye girilmiştir. ADC dönüştürücüden çıkan SDA ve SCL bağlantıları OLED ekranın SDA ve SCL bağlantıları ile seri bağlanarak mikrodentleyiciye girilmiştir. ADC dönüştürücüden okunan değerler I2C haberleşme üzerinden mikrodentleyiciye aktarılmıştır. OLED ekrana yazılan değerler mikrodentleyici üzerinden I2C haberleşmesi vasıtasıyla sağlanmıştır.

5.5. Brülör Kontrol Ünitesi Tasarımı

5.5.1. Modül Beslemesi

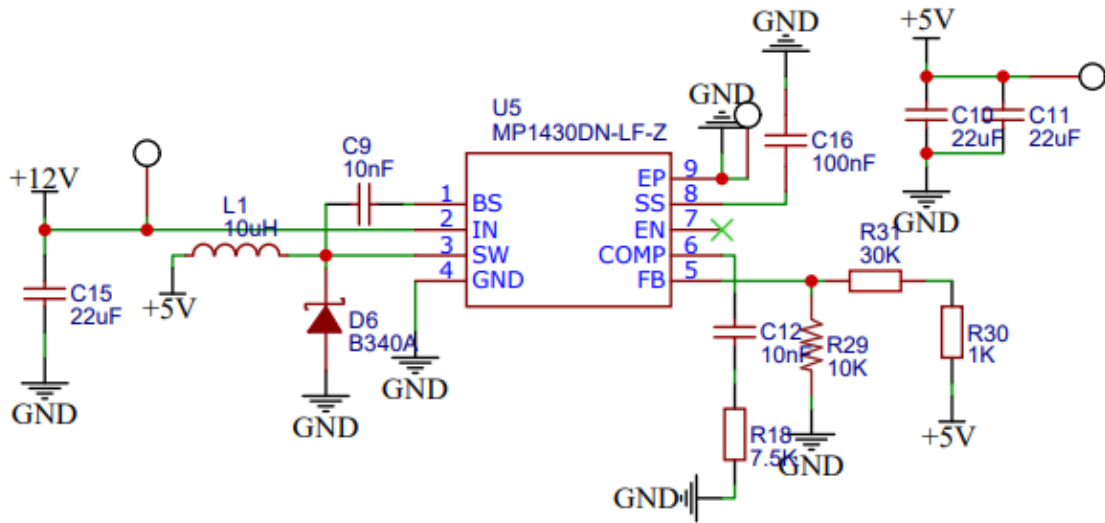
Besleme giriş noktası brülör kontrol ünitesinin 1 ve 2 numaralı bağlantı uçlarıdır. 1 numaralı bağlantı noktasına nötr 2 numaralı bağlantı noktasına faz verilir. Buradan gelen faz 8A'lık sigortadan geçirilerek, nötr ise direkt olarak Şekil 5.6.'da verilen güç

kaynağına girer. Güç kaynağı %85 verimlilikle çalışmaktadır ve 220V.AC' yi 12V.DC' ye düşürmeye yarar. (5, 2022)



Şekil 5.6. 12V.DC Güç Kaynağı Bağlantı Şeması

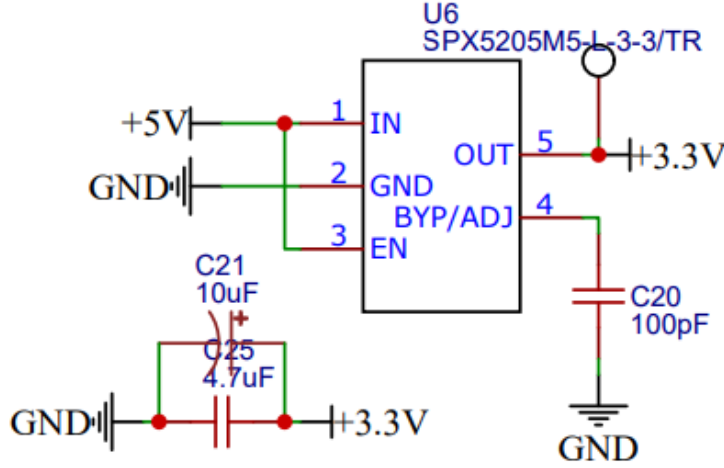
12V.DC' den röleleri sürmek için kullanılan 5V.DC voltajına düşürmek için MP1430 modülü kullanılmıştır. MP1430 modülü %95' e kadar verimlilikte çalışabilmekte olup, termal kapatma ve her aşırı akım koruması mevcuttur (6, 2022). Şekil 5.7.' de MP1430 modülüne giden bağlantıların detayları belirtilmiştir.



Şekil 5.7. 5V.DC Güç Kaynağı Bağlantı Şeması

Mikrodenetleyici beslemesi ve mikrodenetleyici girişlerinin tetiklenmesi için 5V.DC gerilimi 3.3V.DC gerilimine düşürülmüştür. Gerilim düşümünü sağlamak için %1 toleransla çalışma özelliğine sahip SPX5205M5-L-3-3/TR lineer voltaj regülatörü kullanılmıştır. Lineer voltaj regülatörleri, direnci giriş voltajına ve yüke göre değişerek sabit çıkış sağlayan elektronik bileşenlerdir (7, 2022). Cihazın kararlılığını koruması

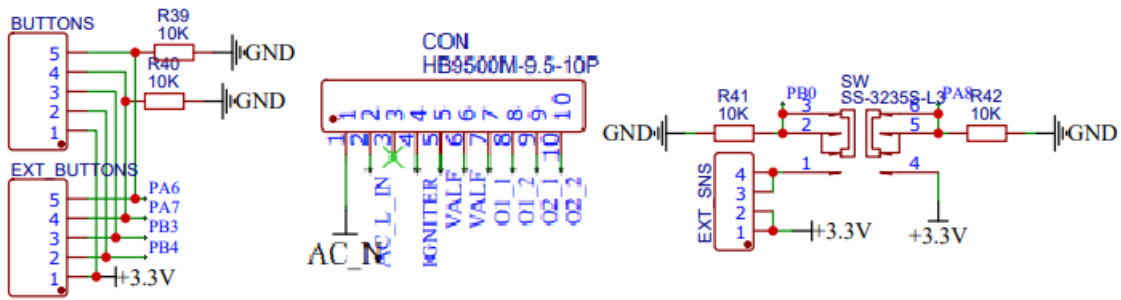
amacıyla C20, C21 ve C25 kapasitörleri kullanılmıştır. Lineer voltaj regülatörünün bağlantı şeması Şekil 5.8.’ de mevcuttur.



Şekil 5.8. 3.3V DC Güç Kaynağı Bağlantı Şeması

5.5.2. Bağlantı Klemensleri, Butonlar ve Harici Sensör Aktivasyonu

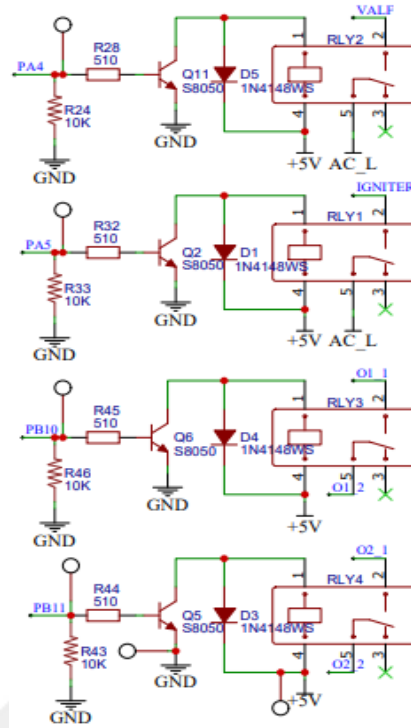
Sistemde yer alan giriş elemanları toplamda 4 adettir. Bunlar start/ stop, reset/ info, harici alev sinyali aktivasyon siviçi ve harici alev sinyali girişleridir. Sistemde çıkış bağlantıları olarak toplamda 4 adet çıkış mevcuttur. Bunlar valf çıkışı, ateşleme çıkışı, devrede çıkışı ve alarm çıkışlarıdır. Bu sinyallerin haricindeki sinyaller 5.3. numaralı bölümde anlatılan I2C sinyali üzerinden alınmıştır. Bağlantılar HB9500M konnektörüne sağlanmıştır. Buton, siviç ve konnektör bağlantıları Şekil 5.9’ da yer almaktadır.



beslenmelidir. Besleme sonrası ateşleme ve valf çıkışlarından 230V. AC çıkış elde edilecektir. Bunun haricindeki alarm ve devrede çıkışları kuru kontaklıdır. Yani 7 numaradan verilen sinyal ilgili çıkışın aktif olması durumunda 8 numaradan alınacaktır. Aynı şekilde 9 numaradan verilen sinyal ilgili çıkışın aktif olması durumunda 10 numaradan alınacaktır. Sistemde farklı bir alev okuyucu sensör kullanılıyor olması durumunda veya tasarlanan alev sensörünün arızalanması durumunda brülör kontrol ünitesinin herhangi bir alev sensörü ile aküple olarak çalışabilmesi için sistemde harici alev sinyali aktivasyon siviçi mevcuttur. Eğer sistemde farklı bir iyonizasyon sensörü kullanılacaksa cihazın arkasında bulunan SS-3235S-L3 kodlu DPDT (double pole double throw) siviçin aktif edilmesi yeterlidir. Bu aktivasyon sonrasında brülör kontrol ünitesi PB0 portuna gelen sinyale göre çalışacaktır. Şekil 5.5.4' de görüldüğü gibi başlangıç durumunda PA8 portunda ve PB0 portunda enerji yoktur. DPDT siviçinin aktif edilmesi sonrası PA8 enerjilenecek ve mikrodenetleyici harici alev sinyali modunu aktif edecektir. Aynı zamanda siviçin aktif olmasıyla beraber 3, 2 ve 1 numara birbirine köprü olmuş olacaktır. Bunun olmasıyla beraber EXT_SNS yani harici sensör girişi aktif olduğunda sistem 3.3V.DC yani alev var sinyali gidecektir. EXT_SNS bağlantısı cihaz üzerinde bir sokettir ve bu sokete 2 kablo girebilmektedir. Bu kablolar harici bir alev sensörünün devrede sinyali bağlanmalıdır. Böylelikle alev sinyali geldiğinde mikrodenetleyiciye harici alev sinyali gitmiş olacaktır.

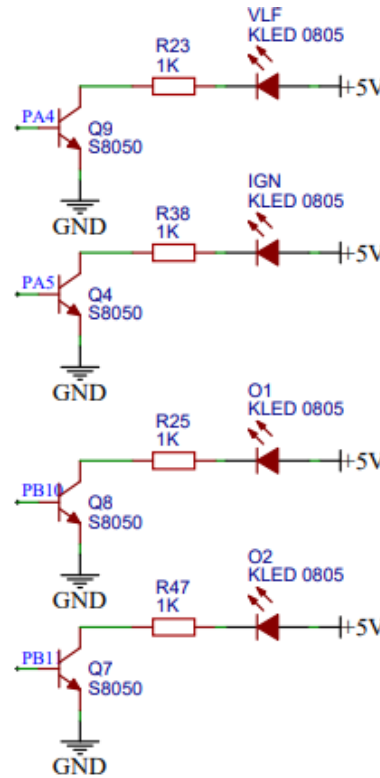
5.5.3. Çıkış Bağlantıları

STM32F103C8T6 mikrodenetleyicisinin çıkış bağlantılarını içeren detaylı çizim Şekil 5.5.3.1' de belirtilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi tasarlanan cihazın TS EN 746-2' ye uygun çalışabilmesi için mikrodenetleyicinin PA4 bacağından gelen sinyale göre valf çıkışı, PA5 bacağından gelen sinyale göre ateşleme çıkışı, PB10 bacağından gelen sinyale göre devrede çıkışı, PB11 bacağından gelen sinyale göre alarm çıkışı tetiklenecektir. Röleler 5V.DC ile tetiklenmiştir. Röleler tetiklendiğinde valf çıkışı ve ateşleme çıkışı 230V.AC enerji ile beslenecektir. Devrede ve alarm çıkışları için kuru kontaklar alınmıştır. Bu kuru kontaklar vasıtasıyla kullanıcı istediği gerilimi vererek röle tetiklendiğinden çıkışından dönüş sinyali alabilecektir. Yani Şekil 5.10.' da görüldüğü gibi RLY1, RLY2, RLY3 ve RLY4 için 5 numaradan verilen sinyal ilgili röle tetiklendiğinde 2 numaradan alınacaktır.



Şekil 5.10. Çıkış Bağlantılarının Şeması

Çıkışların tetiklendiğini görmek amaçlı her çıkış için LED bağlanmıştır. LED bağlantılarını içeren görsel Şekil 5.11.' de mevcuttur.



Şekil 5.11. Çıkış LED Bağlantılarının Şeması

5.6. Brülör Kontrol Ünitesi Kullanım Kılavuzu

Tasarlanan brülör kontrol ünitesinin EN 298 standardında belirtilen etiketleme kurulum ve kullanım kılavuzuna uygun olması amaçlı alt başlıklarda tasarlanan cihazların tanıtımı yapılmış, durum bildirimleri ve hata kodları tanımlanmıştır. Bunların haricinde uygulama örnekleri ve bunlara ait elektrik şemaları paylaşılmıştır.

5.6.1. Brülör Kontrol Ünitesi, Alev Sensörü Komponentleri Tanıtımı

Tasarlanan brülör kontrol ünitesi ölçüsü 130X85x36 (GXYXD) uzunluğunda olup, üzerindeki komponent detayları Şekil 5.12.' de mevcuttur. Şekil 5.12.' de yer alan 1 numaralı komponent durum bildirimleri ve hata kodlarının görülebilmesi için kullanılan OLED ekrandır. 2 numaralı komponent brülör kontrol ünitesini başlatmak, durdurmak veya parametre değiştirmek için kullanılan Start/ Stop butonudur. 3 numaralı komponent arıza durumunda sistemi resetlemek amaçlı veya menüler arası geçişte kullanılan Reset/ Info butonudur. 4 numaralı komponent ise dışardan enerji bağlantısı ve çıkışlar için gerekli bağlantı terminallerini içermektedir.



Şekil 5.12. Brülör Kontrol Ünitesi Komponentleri

Brülör kontrol ünitesi üzerinde 3 adet soket bağlantısı mevcuttur. Bu soket bağlantılarının detayları Şekil 5.13.' te belirtilmiştir. Burada 1 numaralı harici kontrol soketi sistem uzaktan kumanda edilirden kullanılması gereken sokettir. 1 numaralı soket Start/ Stop ve Reset/ Info buton bağlantılarını içermektedir. Yani kullanıcı eğer uzaktan sistemi başlatmak veya resetlemek istiyorsa bu soketi kullanmalıdır. 2 numaralı soket iyonizasyon sensörü ile ara brülör kontrol ünitesi arasındaki haberleşmeyi sağlayan sokettir. 3 numaralı soket harici alev sensörü üzerinden alev okuması yapılacaksa kullanılması gereken sensördür.



Şekil 5.13. Brülör Kontrol Ünitesi Soket Tanımlamaları

Brülör kontrol ünitesinin arka kısmında Harici/ Dahili Sensör Seçim Sivici mevcuttur. Eğer brülör kontrol ünitesi harici alev sensörü üzerinden kontrol edilecekse siviç sol kısımda olmalı, eğer dahili sensör seçimi sağlanacaksa siviç sağ kısımda olmalıdır. Şekil 5.14.' te Harici/ Dahili Sensör Seçim Sivicinin görseli mevcuttur.



Şekil 5.14. Harici/ Dahili Sensör Seçim Sivici

Alev sensörü üzerinde brülör kontrol ünitesi ile haberleşmeyi sağlayan soket bağlantısı mevcuttur. Bunun haricinde prob girişine 220V.AC verme amaçlı faz giriş ve prob giriş bağlantıları mevcuttur. Şekil 5.15.' te alev sensöründe yer alan bağlantılar belirtilmiştir.



Şekil 5.15. Alev Sensörü Tanımlamaları

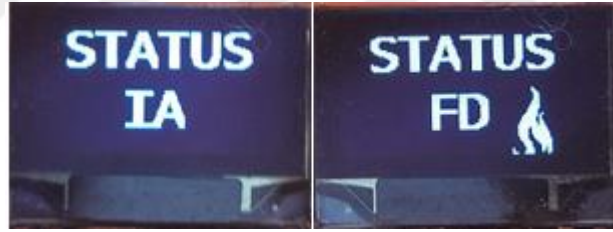
5.6.2. Brülör Kontrol Ünitesi ve Alev Sensörü Elektrik Şeması

Şekil 5.16. ve Şekil 5.17.' de brülör kontrol ünitesinin ve alev sensörünün elektrik bağlantı şeması verilmiştir. Brülör kontrol ünitesini çalıştırabilmek için 1 numaralı bağlantı noktasına 230V.AC, 2 numaralı bağlantı noktasına 230V.AC bağlantı noktasının nötrü, 4 numaralı bağlantı noktası ateşleme trafosuna, 5,6 numaralı bağlantı noktaları valflere bağlanmalıdır. 7,8 numaralı bağlantı noktalarından alarm bilgisi, 9,10 numaralı klemenslerden arıza bilgisi elde edilebilmektedir. Brülör kontrol ünitesine çalıştırma, durdurma, yeniden başlatma komutları kendi üzerinde bulunan Start/ Stop ve Reset/ Info butonları vasıtasıyla gitmektedir. Eğer bu butonların sağladığı işlev uzaktan gerçekleştirilmek istenirse harici bağlantı soketi vasıtasıyla gerçekleştirilebilir. Uzaktan kontrolün nasıl sağlandığına elektrik şeması Şekil 5.23.' te mevcuttur. Şekil 5.17' de yer alan harici alev sensörü soketi vasıtasıyla brülör kontrol ünitesine bağlanmalıdır. Buna ilave olarak L girişine faz ve prob girişine elektrot bağlantısı gerçekleştirilmelidir. Alev sensörünün bağlanmış olduğu örnek şema Şekil 5.24.' te mevcuttur. Eğer tasarlanan alev sensörü yerine farklı bir alev sensörü kullanılmak istenirse, brülör kontrol ünitesinin arkasında bulunan harici/ dahili sensör seçim sivici harici alev konumuna getirilmeli ve harici alev sensörü soketi Şekil 5.24.' deki gibi bağlanmalıdır.



Şekil 5.18. OLED Ekran Uyarı Kodları-1

Brülör kontrol ünitesine Start verilmesi sonrası herhangi bir şekilde harici alev tespit edilmedi ise brülör kontrol ünitesi Şekil 2.9.’ da belirtilen sürelerle uygun ateşleme denemesi yapacaktır. Ateşleme denemesi yaparken ekran üzerinde “STATUS IA” (Ignition Attempt) uyarısı verilecektir aynı zamanda tanımlanan emniyet süresi boyunca ateşleme ve valf çıkışları aktif olacaktır. Eğer emniyet süresi sonunda alev meydana geldiyse yani tanımlanan μA mertebesinde sinyal okunduysa alev simgesiyle beraber “STATUS FD” durum bildirimi uyarısı verilecektir. Start sinyali verildiği sürece ve alev oluştuğu sürece bu ekran bu şekilde kalacaktır. Şekil 5.19’ da IA ve FD uyarılarının görselleri mevcuttur.



Şekil 5.19. OLED Ekran Uyarı Kodları-2

Eğer ateşleme denemesi yapıldı ancak emniyet süresi içinde alev oluşmadı ise ekran üzerinde 3.2.5. numaralı başlıkta belirtilenlere istinaden “STATUS IA” yanıp sönecektir. Eğer ateşleme denemesi yapıldı, alev oluştu ancak sonra herhangi bir nedenden ötürü alev söndü ise ekranda 3.5.4. numaralı başlıkta belirtilenlere uygun olarak “STATUS FD” uyarısı yanıp sönecektir. Oluşan arıza sonrası sistem reset edilirse brülör kontrol ünitesi aynı aşamaları tekrardan gerçekleştirerek 3.5.5. numaralı başlıkta belirtilenlere uygun olarak çalışacaktır.

Brülör kontrol ünitesine belli bir periyot blokajı süresi tanımlanmıştır. Periyot blokajı açma ve kapatma süresi arasında olması gereken en az süreyi ifade eden süredir. Emniyet süresi 3 s olan brülör kontrol ünitesi için periyot blokajı süresi 10 s, 5 s için 12 s, 10 s için ise 15 s olarak tanımlıdır. 5 s emniyet süreli brülör kontrol ünitesinden örnek vermek

gerekirse; 12 s bitmeden peş peşe 2 start denemesi yapılırsa brülör kontrol ünitesi ekranında “STATUS PB” (Period Blockage) uyarısı yanıp sönecektir. Sürenin tamamlanması sonrası brülör kontrol ünitesi otomatik olarak devam edecektir. Şekil 5.20.’ de PB uyarısının görseli mevcuttur.



Şekil 5.20. OLED Ekran Uyarı Kodları-3

5.6.4. Brülör Kontrol Ünitesi Ayarları

Tasarlanan brülör kontrol ünitesinde ayarlanabilen parametreler mevcuttur. Bunlar başlangıç emniyet süresi, çalışma emniyet süresi, alev okuma eşik değeri olmak üzere toplamda 3 adet parametredir. Başlangıç emniyet süresi TS EN 746-2’ ye göre Şekil 2.14’ te belirtilmiş olduğu gibi 3,5 veya 10 s olarak ayarlanabilmektedir. Çalışma emniyet süresi 1 veya 2 s olarak ayarlanabilmektedir. Son olarak alev okuma eşik değeri ayar aralığı 1-20 μ A aralığındadır. İlgili ayarları değiştirmek için brülör kontrol ünitesi devrede iken Reset/Info tuşuna basılmalıdır. Çıkan ekran kullanıcıya brülör kontrol ünitesinin harici alev sensörü üzerinden veya dahili alev sensörü üzerinden okunup okunmadığına dair bilgi verir. Eğer brülör kontrol ünitesinin arka kısmındaki harici sensör aktivasyon sivici aktif ise ekranda “SENSOR EXTERNAL SENSOR: 1” uyarısı görülecektir. Eğer bu sensör aktif değilse ekranda “SENSOR x μ A” uyarısı görülecektir. Bu ekranda iken Start/Stop tuşuna basıldığında kullanıcının karşısına “SET ST (Switch Off Treshold) 2 μ A” ekranı çıkar. Bu ekranda alev eşik değeri ayarlanabilmektedir. Bu değer arttırılmak isteniyorsa Start/Stop tuşuna basılmalıdır. Her basıldığında 1 μ A artacaktır. 20 μ A sonrası tekrar 1’ e inecektir. Bu ekranda iken Reset/ Info tuşuna basılırsa kullanıcı karşısında “SET STAS (Safety Time At Start-Up) 3 sec” ekranı çıkacaktır. Eğer tanımlı değer değiştirilmek isteniyorsa Start tuşuna basılmalıdır. Her basışta tanımlı değerler arasına yani 3, 5 ve 10 değerlerine geçiş yapacaktır. Bu ekranda iken Reset/ Info tuşuna basıldığında kullanıcının karşısına “SET STDO (Safety Time During Operation) 1 sec” ekranı çıkacaktır. Eğer tanımlı değer değiştirilmek isteniyorsa Start/Stop tuşuna basılmalıdır. Her basışta tanımlı değerler arasında yani 1 ve 2 değerlerine geçiş

yapacaktır. Çalışma ekranına geri dönmek için Reset/ Info tuşuna basılmalıdır. Şekil 5.21. ve Şekil 5.22’ de ayarlar menüsündeki uyarıları ifade eden görseller belirtilmiştir.



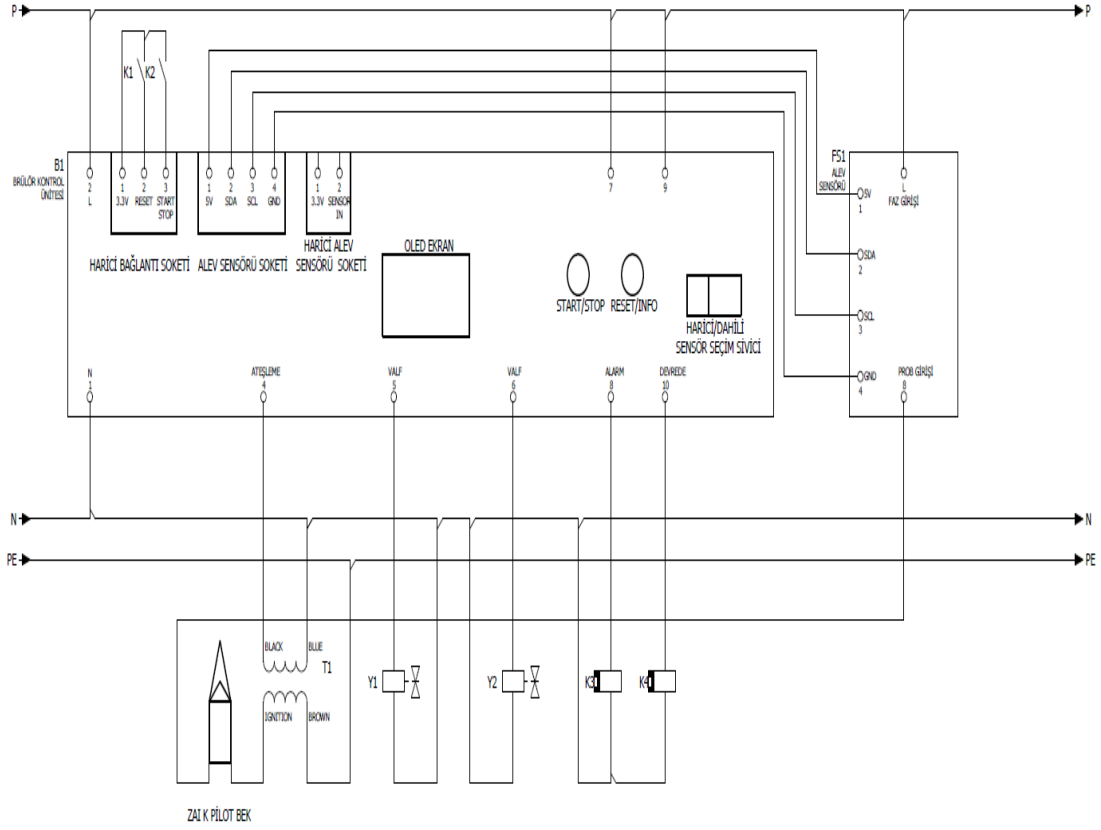
Şekil 5.21. OLED Ekran Ayarlar Menüsü-1



Şekil 5.22. OLED Ekran Ayarlar Menüsü-2

5.6.5. Brülör Kontrol Ünitesi ve Alev Sensörünün Çalıştırılması

Tasarlanan brülör kontrol ünitesi ve alev sensörü Honeywell Kromschröder ürün gamında yer alan ZAI K pilot yakıcısı ile denenmiştir. ZAI K pilot yakıcısı atmosferik ve 3 kW gücünde bir pilot bek olup havayı atmosferden elde etmektedir ve harici hava fanına ihtiyacı yoktur. Pilot yakıcılar ana yakıcıları ateşlemek için kullanılırlar (Guiberti ve diğ., 2017). Denemenin ilk aşamasında brülör kontrol ünitesi dahili sensör ile çalıştırılmıştır. Bağlantı Şekil 5.23.’ deki gibi sağlanmıştır. Brülör kontrol ünitesinin soketi ile dahili alev sensörün arasında bağlantı sağlanmıştır. Ek olarak dahili alev sensörünün L terminaline 230V.AC enerji verilmiş, P terminaline ise alev sinyalini okuma amaçlı elektrot bağlanmıştır. Brülör kontrol ünitesinin 2 numaralı L terminaline 230V.AC N terminaline nötr verilmiştir. Brülör kontrol ünitesinin Start/ Stop ve Reset kontrolü uzaktan yapılmak istenirse K1 ve K2 rölelerinin üzerinden sağlanabilir. 7-8 numaralı terminallerden Alarm sinyali 9-10 numaralı terminallerden Devrede sinyali elde edilmektedir. 4 numaralı terminal Ateşleme, 5 ve 6 numaralı terminaller ise Valf çıkışlarıdır.



Şekil 5.23. Pilot Bek Uygulaması Dahili Alev Sensörlü Elektrik Bağlantı Şeması

Brülör kontrol ünitesi başlangıç emniyet süresi 10 s, alev okuma eşik değeri 1 μ A olarak ayarlanmıştır. Başlatma sinyalinin verilmesi sonrası brülör kontrol ünitesi 6 s ateşleme çıkışı, 10 s valf çıkışı vermiştir. Yanma gerçekleştiğinde ise devrede çıkışı vererek valf çıkışı vermeye devam etmiştir. Aynı zamanda brülör kontrol ünitesi ekranı üzerinden 10 μ A mertebelerinde bir değer elde edilmiştir. Alev boyunun arttırılmasıyla bu değer 13 μ A' e kadar çıktığı, alev boyunun kısaltıldığı durumda ise 1 μ A' e düştüğü gözlemlenmiştir. Alev kesildiğinde ise brülör kontrol ünitesinin alarm çıkışı aktifleşmiş bunun haricindeki çıkışlar pasif hale geçmiştir. Brülör kontrol ünitesi resetlendiğinde ise aynı işlemler tekrardan gerçekleşmiştir.

Deneyin ikinci aşamasında tasarlanan brülör kontrol ünitesi bir önceki deneyde olduğu gibi ZAI K pilot yakıcısı ile beraber çalıştırılmıştır. Bu deneyde bir önceki deneyden farklı olarak harici sensör kullanılmıştır. Harici sensör olarak Honeywell Kromschöder ürün gamında yer alan IFW 15 alev sensörü ile kullanılmıştır. Bağlantı Şekil 5.24.' deki gibi sağlanmıştır. Brülör kontrol ünitesi bağlantıları 5.23.' deki ile aynı olup aralarındaki

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada TS EN 746-2 standardı ve EN 298 standartları detaylandırılmıştır. Bunlara ilave olarak Endüstriyel Yakma Sistemlerinin Ana Hatlarına değinilmiş ve farklı markalara ait brülör kontrol üniteleri incelenmiştir. Standartlar çerçevesinde bir çalışma algoritması oluşturulmuş ve STM32F10C8T6 mikrodenetleyicisi kullanılarak brülör kontrol ünitesi tasarlanmıştır ve gerçekleştirilmiştir. Alev değerinin okunması amacıyla IN214BQDCKRTL işlemsel yükselteci kullanılmıştır. İşlemsel yükselteçten çıkan değer ADS1115IDGSR kodlu 16 bitlik ADC dönüştürücü modülüne girilmiştir. Buradan elde edilen değer I2C haberleşmesi ile mikrodenetleyiciye aktarılmıştır. Alev okunması esnasında alev sensörünün parazitten etkilenmemesi için brülör kontrol ünitesi ve alev sensörü için ayrı ayrı kartlar tasarlanmıştır gerçekleştirilmiştir. Brülör kontrol ünitesi, harici bağlantı soketi, alev sensörü soketi ve harici alev sensörü soketi olmak üzere toplamda 3 adet bağlantı soketi içermektedir. Brülör kontrol ünitesi üzerinde Start/ Stop, Reset/Info olmak üzere 2 tane buton, durum bildirimlerini, parametreleri ve hata kodlarını görmek üzere bir adet OLED ekran mevcuttur. Bunlara ek olarak brülör kontrol ünitesi, tasarlanan alev sensörü haricinde farklı bir alev sensörü ile kontrol edilirken kullanılmak üzere harici/dahili sensör seçim siviçi barındırmaktadır. Cihazın arkasında bulunan siviç vasıtasıyla tasarlanan alev sensörü yerine farklı bir alev sensörü kullanma opsiyonu sağlanmıştır. Brülör kontrol ünitesi ve alev sensörü için hazırlanmış olan elektrik bağlantı şemaları 5.6 numaralı başlık altında mevcuttur.

Yapılan denemelerde brülör kontrol ünitesinin çalışma durumunda ve arıza durumlarında tanımlanan ekran girdilerinin OLED ekran üzerinde sağlıklı bir şekilde yazıldığı gözlemlenmiştir. OLED ekran üzerinde programa tanımlı emniyet süreleri, programın hangi aşamada arızaya geçtiği, iyonizasyon seviyesi gibi değerler görülebilmektedir. Brülör kontrol ünitesi üzerinde bulunan tuşlar vasıtasıyla mikroişlemciye tanımlı emniyet süreleri ve alev eşik değeri OLED ekran üzerinden görülerek butonlar vasıtasıyla değiştirilebilmektedir. Parametrelerin gözlemlenebilmesi, değiştirilebilmesi kullanıcıya arıza tespiti ayar değişimi noktasında büyük kolaylık sağlayacaktır.

Bu çalışmanın amacı benzer çalışmaları gerçekleştirecek ve ürünü üretecek kişilere referans olması adına yerli imalata destek olabilecek kılavuz niteliğinde bir çalışma kazandırmaktır. Yapılan çalışma Avrupa normlarına uygun standartlar izlenerek

gerçekleştirilmiştir. Buna bağı olarak tasarlanan ve gerçekleştirilen cihaz için elektrik şemasını, hata kodlarını, durum bildirimlerini ve uygulama örneklerini içeren teknik doküman hazırlanmıştır.

Bu çalışma ile TS EN 746-2 ve EN 298 standartlarına uygun bir brülör kontrol ünitesi tasarlanmış ve gerçekleştirilmiştir. Bundan sonraki benzer çalışmalarda kullanılmak üzere literatüre yakmanın temellerini, güvenlik ve tasarım standartlarını içeren, kılavuz niteliğinde bir çalışma kazandırılmıştır.



KAYNAKLAR

- Caillat, S., (2017). Burners In The Steel Industry: Utilization of By-Product Combustion Gases In Reheating Furnaces and Annealing Lines. *Energy Procedia* , 120, 20-27. DOI: doi.org/10.1016/j.egypro.2017.07.152
- Chen F. F., (1984) *Introduction to Plasma Science and Control Fussion*, Springer.
- Engel A. V., Cozens J.R., Flame Plasma, *Advances in Electronics and Electron Physics, Academic Press*, 1976.
- Honeywell Kromschröder. (2020). *BCU 370 Technical Information*. Osnabrück.
- Honeywell Kromschröder. (2020). *BCU 480 Technical Information*. Osnabrück.
- Honeywell Kromschröder. (2020). *BCU 565 Technical Information*. Osnabrück.
- Honeywell Kromschröder. (2020). *PFU 780 Technical Information*. Osnabrück.
- Honeywell Kromschröder. (2020). *IFD 258 Technical Information*. Osnabrück.
- European Committee for Standardization, EN298. (2012). *Automatic Gas Burner Control Systems for Gas Burners and Appliances Burning Gaseous or Liquid Fuels* (EN 298). Brüksel.
- Gonçálves, F.M., Santos, M.B., Teixeira, I.C., Teixeira, J.P., (2001) Design and Test of Certifiable ASICs For Safety-critical Gas Burners Control. *Proceedings Seventh International On-Line Testing Workshop*, 7128214, DOI: 10.1109/OLT.2001.937842
- Guiberti, T. F., Cuthcer, H., Roberts, W. L., Masri, A. R. (2017). Influence of Pilot Flame Parameters on the Stability of Turbulent Jet Flames. *Energy Fuels*, 31(3), 2128-2137. DOI: 10.1021/acs.energyfuels.6b02052
- Noeste K, Brülör Kontrol Üniteleri (2007) , Sanayide ve Konutlarda Doğalgaz Semineri, 2007.
- Stavrianidis, P., Bhimavarapu, K. (1998). Safety Instrumented Functions and Safety Integrity Levels (SIL). *ISA Transactions*, 37(4), 337-351. DOI: 10.1016/S0019-0578(98)00038-X
- Stroebl, J., Roith, W. (2005). Safety Evalution of Industrial Thermoprocessing Equipment in the Hydrocarbon Industry and Petrochemistry. *Erdoel Erdgas Kohle*, 122 (5), 207-211.
- Rieland, A., (2016). Burner Management System Design and Application for Cement Plants, *Cement Industry Technical Conference*, Dallas, TX, USA, 13-20 Mayıs 2016.

Samad, T., McLaughlin, P., Lu, J., (2007), System Architecture For Process Automation: Review and Trend Process *Journal Of Process Control*, 17 (3) 191-201.

Rogoff, G., (2007), Plasma and Flames, The Burning Question, *Coalition for Plasma Science*, 1-2.

Türk Standardları Enstitüsü. (2012). *Endüstriyel Isıl İşlem Teçhizatı - Bölüm: 2 Yanma ve Yakıtla Çalışan Sistemler İçin Güvenlik Kuralları* (TS EN 746-2). Ankara.

URL-1: <http://onder.com/ysah.php>, (Ziyaret Tarihi: 22 Nisan 2022)

URL-2: http://www.robotiksistem.com/mikrodenetleyici_nedir_pic_ozellikleri.html , (Ziyaret Tarihi: 11 Mayıs 2022)

URL-3: <https://www.ceyrekmuhendis.com/i2c-haberlesme-protokolu>, (Ziyaret Tarihi: 12 Mayıs 2022)

URL-4: <http://www.eraendustriyel.com.tr/Assets/Documents/01GC-Serisi-Roleler.pdf>, (Ziyaret Tarihi: 10 Nisan 2022)

URL-5: https://datasheet.lcsc.com/lcsc/2109141830_TDPOWER-TAS10-12-W2_C2687656.pdf (Ziyaret Tarihi: 14 Nisan 2022)

URL-6: <https://ru.datasheetbank.com/datasheet-download/853501/1/MPS/MP1430DN-LF-Z> (Ziyaret Tarihi: 14 Nisan 2022)

URL-7: <https://eu.mouser.com/datasheet/2/146/SPX5205-1889004.pdf> (Ziyaret Tarihi: 14 Nisan 2022)

KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER

Akmyradov, M., Kelebekler, E., (2022). Endüstriyel Yakma Uygulamasına Göre Brülör Kontrol Ünitelerinin İncelenmesi. 8. *Uluslararası Marmara Fen Bilimleri Kongesi*, Kocaeli, Türkiye, 13-14 Mayıs 2022.



ÖZGEÇMİŞ

İlk, orta ve lise öğrenimini Aşkabat/ Türkmenistan' da tamamladı. 2013 yılında Üniversite eğitimi için Türkiye' ye geldi ve Süleyman Demirel Üniversitesi Teknoloji Fakültesinde Elektrik- Elektronik Mühendisliği bölümüne başladı. 2017 yılında Elektrik-Elektronik Mühendisi olarak mezun oldu. Mezuniyetinin ardından 2017 yılında Endüstriyel Fırın imalatı sağlayan Sistem Teknik Sanayi Fırınları A. Ş. Firmasında Elektrik- Otomasyon Mühendisi pozisyonunda işe başladı. 2018 yılında Kocaeli Üniversitesi Elektrik Mühendisliği Anabilim dalında Yüksek Lisans eğitime başladı. 2019 yılında Sistem Teknik Sanayi Fırınları A. Ş. Firmasından ayrılarak Endüstriyel Gaz Yakma Sistemleri tedarikçisi/ imalatçısı olan Önder Mühendislik firmasında Satış ve Proje Mühendisi pozisyonunda çalışmaya başladı. 2019 yılından beri Önder Mühendislik firmasında Satış ve Proje Mühendisi pozisyonunda görev yapmaktadır.

