ENDÜSTRİYEL YAKMA UYGULAMASINA GÖRE BRÜLÖR KONTROL ÜNİTELERİNİN İNCELENMESİ

Mergengeldi AKMYRADOV
Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı
mergenakmuradow@gmail.com

Ersoy KELEBEKLER
Kocaeli Üniversitesi Uzunçiftlik Nuh Çimento Meslek Yüksekokulu Elektrik ve Enerji Bölümü
ersoy@kocaeli.edu.tr

Özet
Endüstriyel yakma uygulamalarında brülör kontrol ünitelerinin kullanımı güvenlik, yanma verimliliği, standart (TS EN 746-2) gerekliliği açısından büyük önem arz etmektedir. Brülör kontrol üniteleri Profinet/ Profibus ve Modbus TCP haberleşme özellikleri sayesinde SCADA sistemlerine kolaylıkla entegre edilebilmektedirler. Brülör kontrol ünitelerinde geçmişe yönelik hata kaydının görülmesi ve alev sinyal seviyesinin görülebilmesi servis ekibine ve kullanıcılara büyük kolaylık sağlamakla birlikte enerjinin daha verimli kullanımını desteklemektedir. Bu makalede alev okuma prensibi, emniyeti süreleri, endüstriyel yakma uygulamaları ve bu uygulamalara özel kullanılan ürün gamlarında yer alan brülör kontrol üniteleri detaylandırılmaktadır. Böylelikle yakma uygulamaları için uzun ömür, enerji verimliliği ve kullanım kolaylığı sağlayan kontrol ünitelerinin belirlenmesinde kullanılabilecek bir referans çalışma oluşturulmuştur.

Anahtar Sözcükler: Endüstriyel Fırın, Brülör Kontrol Ünitesi, İyonizasyon ,Emniyet Süresi

GİRİŞ

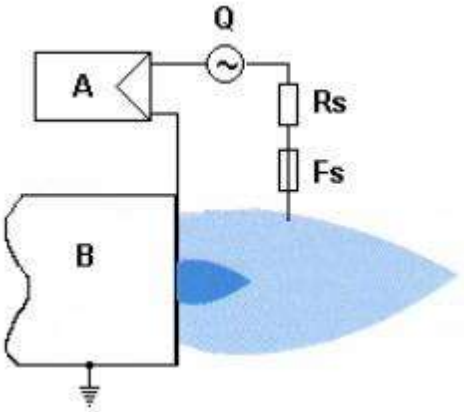
Endüstriyel fırın yakma sistemlerinde fırın tipine göre farklı çeşitlerde yakma uygulamaları kullanılmaktadır. Bu uygulamalara özel olarak tasarlanmış brülör kontrol üniteleri mevcuttur. Brülör kontrol üniteleri belli standartlar gözetilerek insan sağlığına ve çevreye zarar vermemek için yanmanın gözetilmesi amacıyla kullanılması gereken elektronik teçhizatlardır. Genel deyimiyle 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. Brülör kontrol üniteleri iyonizasyon ile sürekli veya fasılalı kontrol, UV tipine göre fasılalı veya sürekli çalışma imkanı sunar. Cihaz üzerine bağlanabilen PCO optik adaptörü ile bilgisayar arayüzü üzerinden parametre değişimi sağlanabilir. Brülör kontrol üniteleri Profinet/Profibus ve Modbus TCP haberleşme özellikleri sayesinde SCADA sistemleriyle entegre olarak çalışabilmektedirler [1].

Bu çalışmada, brülör kontrol ünitelerinin alev okuma prensipleri, yakma sistemine göre TS EN 746-2 standardını temel alan alev kontrol ve ateşleme süreleri sunulmuştur ve endüstriyel yakma uygulamalarında kullanılan özel ürün gamlarına yer verilmiştir. Böylece yakma uygulamaları için uzun ömür, enerji verimliliği sağlayan ve kullanım kolaylığı getirecek kontrol ünitelerinin belirlenmesinde kullanılabilecek bir referans çalışma oluşturmak amaçlanmıştır. Çalışmada, ikinci bölümde alev sinyali algılama prensipleri açıklanmış ve iyonizasyon elektrotunun çalışma prensibi verilmiştir. Üçüncü bölümde, TS EN 746-2 standardına göre başlangıç emniyet süreleri ve brülör kontrol ünitesi zaman diyagramları incelenmiştir. Tekli brülör uygulamalarında brülör kontrol üniteleri ve çoklu brülör uygulamalarında brülör kontrol üniteleri sırasıyla bölüm dört ve bölüm beşte ele alınmıştır. Altıncı bölümde, pilot ve ana brülörün ayrı ayrı kontrol edildiği uygulamalar için brülör kontrol ünitesi sunulmuştur. Çalışma, sonuç bölümüyle sonlandırılmıştır.

İYONİZASYON ELEKTRODU VE ALEV SİNYALİNİN OKUNMASI

Alev (veya ateş), kısmen iyonize bir plazma ortam olarak tanımlanır. Bunula birlikte, alevde bir plazmanın bulunup bulunmadığı, yakılan malzemeye ve sıcaklığa bağlıdır [2]. Herhangi bir iyonize gaz, plazma olarak adlandırılamaz; herhangi bir gazda her zaman küçük bir iyonlaşma derecesi vardır [3]. Bir alevin, bir elektrik plazmasının iyi bilinen özelliklerine sahip olan kısmına “alev plazması” denir ve

sonuç olarak her alev türü bu ayrımı hak etmez [4]. 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 elektronik bir ekipman ile gerçekleştirilir. Alev, gövdesi topraklanmış bir brülör ile iyonizasyon elektrotu arasında doğrultulmuş bir sinyal hattı oluşturan ateşleme ünitesi yapısı Şekil 7.'de gösterilmiştir. Burada alevin doğrultucu etkisi ve elektriğin iletkenliği ilkesi kullanılır.

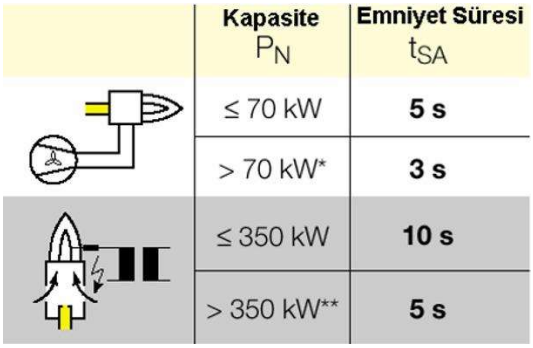


Şekil 7: İyonizasyon Elektrodu Çalışma Prensibi

Burada; A, yükselteç devresini; B, brülörü; Fs, iyonizasyon elektrodunu; 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 [5]. 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.

TS EN 746-2' YE GÖRE BAŞLANGIÇ EMNİYET SÜRELERİ VE BRÜLÖR KONTROL ÜNİTESİ ZAMAN DİYAGRAMI AÇIKLAMALARI

Brülör kontrol ünitelerini seçerken dikkat edilmesi gereken en önemli unsur emniyet süresidir. Bu ünitelerde kullanılan emniyet süreleri TS EN 746-2 standardı tarafından belirlenir. Şekil 8'de TS EN 746-2 standardı içerisinde verilen emniyet sürelerini sunulmuştur.

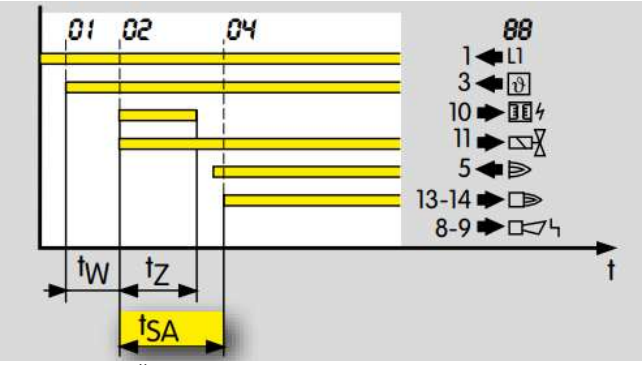


	Kapasite P_N	Emniyet Süresi t_{SA}
	≤ 70 kW	5 s
	> 70 kW*	3 s
	≤ 350 kW	10 s
	> 350 kW**	5 s

Şekil 8: TS EN 746-2 emniyet süreleri

TS EN 746-2 standırdına göre yakma hava fanı ile beslenen yakıcılarda 70 kW altında 5 s, 70 kW üstünde 3 sn güvenlik süreli cihaz kullanılmak zorundadır. Brülör havayı fan üzerinden değil de

atmosferden alıyorsa 350 kW altında 10 s güvenlik süresi, 350 kW üstünde 5 s güvenlik süreli cihaz kullanılmak zorundadır [6]. TS EN 746-2 standardı referans alınarak geliştirilmiş olan Honeywell Kromschröder marka brülör kontrol ünitesine ait 70KW üstü yakma sitemi için örnek zaman diyagramı Şekil *9*'te verilmiştir.



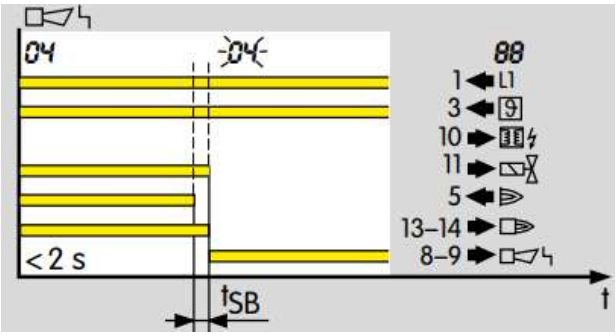
Şekil 9: Örnek çalışma zaman diyagramı

Burada t_W, bekleme süresini; t_Z, ateşleme süresini; t_{SA}, emniyet süresini göstermektedir. t_W bekleme süresi, başlatma sonrası sistemi başlatmadan önceki güvenlik denetlemesini ifade eder. Bu denetleme 1 saniye 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 bekleme süresi sonrası t_Z ateşleme süresi ve t_{SA} emniyet süresi başlar. t_Z brülör kontrol ünitesinin kaç saniye boyunca ateşleme sinyalinin aktif edeceğini belirten süredir. Bu süre, t_{SA} süresine göre değişkenlik gösterir.
Şekil ***10***' te t_{SA} süresine göre t_Z süresi sunulmuştur.

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

Şekil 10: t_Z ve t_{SA} Süreleri

t_{SA} başlangıç emniyet süresi, brülör kontrol ünitelerinin ana seçim kriteridir. Başlatma 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.
Şekil ***10***'te görüldüğü gibi, t_{SA} üç farklı değer alabilmekte olup bunlar 3, 5 ve 10 saniyedir. t_{SA} emniyet süresi içinde alev sinyalinin okunması beklenir. Eğer alev sinyali okunmazsa brülör kontrol ünitesi arıza sinyali vermelidir. Arızanın giderilebilmesi için reset klemensi üzerinden enerji verilerek arıza resetlenmelidir. Eğer alev oluştuysa brülör kontrol ünitesi devrede sinyali üretir, gaz valf çıkışı başlat 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 kapatılır. Şekil *11*'te brülör kontrol ünitesi devreye girdikten sonra denetlenen t_{SB} süresini gösteren zaman diyagramı sunulmuştur.



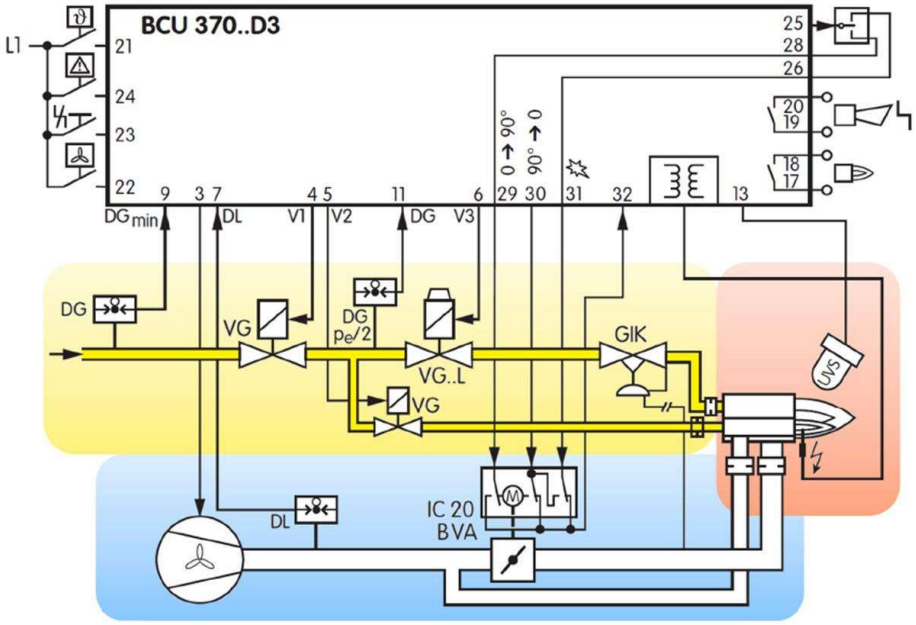
Şekil 11: t_{SB} süresi diyagramı

t_{SB} çalışma emniyet süresi, brülör kontrol ünitesi devrede iken denetlenen süredir. Brülör devreye girdikten sonra eğer alev sinyali kesilirse bu süre devreye girer. Bu sürenin 2 saniyeden fazla olmaması tavsiye edilir. Sistem devrede iken alev kesintisi meydana geldi ve en az t_{SB} süresi kadar alev sinyali okunamadıysa brülör kontrol ünitesi arızaya geçer. Sonraki iki bölümde sırasıyla teki ve çoklu brülör uygulamalarında kullanılan brülör kontrol üniteleri sunulmuştur.

TEKLİ BRÜLÖR UYGULAMALARINDA BRÜLÖR KONTROL ÜNİTESİ

Şekil 5' te yer alan uygulama daha çok paket tipi brülörlerde kullanılır. Paket tipi brülörler yakma için gerekli bütün ekipmanları kendi üzerinde barındırır. Örnek olarak, BCU 370 cihazı özellikleri [7]:

- Minimum gaz basıncı kontrolü
- Maksimum gaz basıncı kontrolü
- Hava basıncı kontrolü
- Yakma hava fanı kontrolü
- Hava ayar servomotoru kontrolü
- Önsüpürme
- Gaz valfleri kontrolü
- Çalışma esnasında arıza kilitlemesi veya tekrar ateşleme seçeneği



Şekil 12: Tekli Brülör Uygulaması

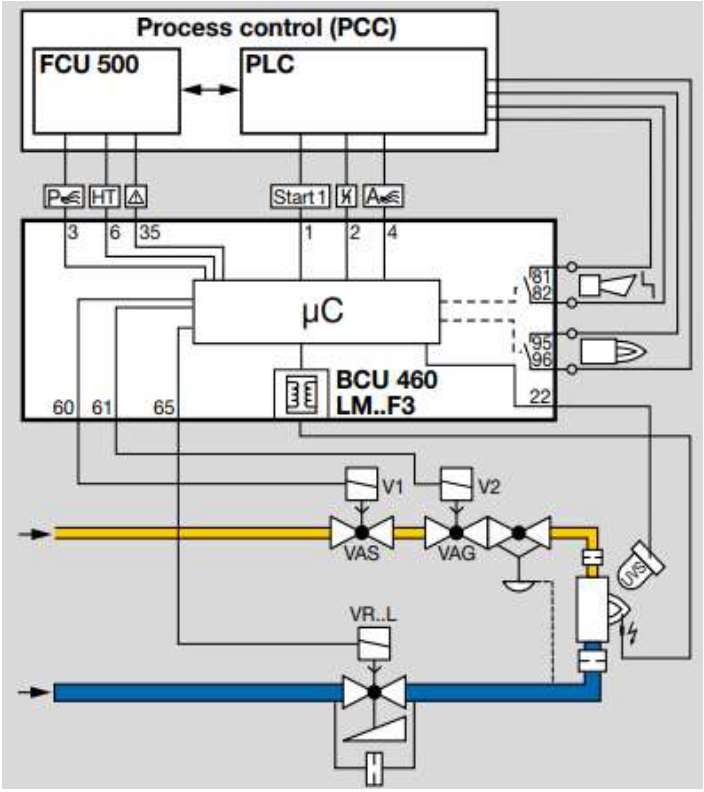
Örnek olarak sunulan TS EN 746-2 standardı referans alınarak geliştirilmiş tekli brülör sistemine başlat sinyali verilmesine istinaden, hava fanı çalışır, hava fanı çalışması sonrası hava prezostatından çalıştı sinyali alınır. Sonrasında servomotor tam açık pozisyona doğru gider, servomotor tam açıldıktan sonra servomotor maksimum sinyali elde edilir. Servomotor maksimum sinyalinde sonra tanımlı süpürme

süresi boyunca servomotor açık pozisyonda bekler. Süpürme süresinin bitiminde sonra servomotor minimuma gider. Minimum pozisyon sinyalinden sonra servomotor ateşleme pozisyonuna gider sonrasında t_{SA} (başlangıç emniyet süresi) boyunca valfler enerjilenir ve ateşleme denemesi yapar. Eğer alev oluştuysa kontrol bir üst kontrol birimine yani sıcaklık kontrol cihazına/ PLC' ye devredilir.

ÇOKLU BRÜLÖR UYGULAMALARINDA BRÜLÖR KONTROL ÜNİTESİ

Yakma sistemlerinde diğer bir uygulama örneği çoklu brülör yapılarıdır. Şekil *13*'de örnek bir çoklu brülör sistemi ve kontrol ünitesi verilmiştir. Çoklu brülör uygulamaları sistem basıncını çalışma basıncına düşüren basınç düşürme sistemiyle donatılmaktadırlar. Bu yüzden bu uygulamalarda gaz basınç prezostatları brülör kontrol ünitesi tarafından denetlenmez. Yakma hava fanı merkezi bir fan olduğu için yakma hava fanı da brülör kontrol ünitesi tarafından denetlenmez. BCU 460/BCU 465 cihazı özellikleri aşağıda sıralanmıştır [8]:

- Hava valfi kontrolü
- Önsüpürme
- Gaz valfi kontrolü
- Bekleme pozisyonunda iken ihtiyaç halinde soğutma
- Çalışma esnasında arıza kilitlemesi veya tekrar ateşleme seçeneği
- Gelişmiş hava kontrolü (BCU 465)



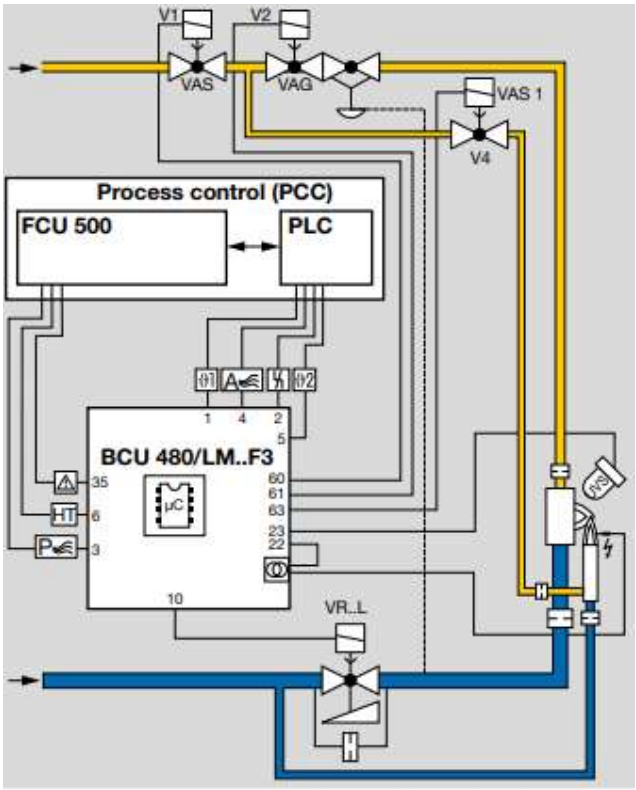
Şekil 13: Çoklu Brülör Uygulaması

Örnek olarak sunulan TS EN 746-2 standardı referans alınarak geliştirilmiş çoklu brülör sistemi güvenlik şartlarının kontrolü sonrası başlat sinyali verildikten sonra süpürme süresi boyunca hava valfi enerjilenir, süpürme sonrası t_{SA} (başlangıç emniyet süresi) boyunca hava, gaz valfleri enerjilenir ve ateşleme denemesi sağlanır. Eğer alev oluştuysa kontrol bir üst kontrol birimine yani sıcaklık kontrol cihazına/ PLC' ye devredilir.

PİLOT VE ANA BRÜLÖRÜN AYRI AYRI KONTROL EDİLDİĞİ UYGULAMALAR İÇİN BRÜLÖR KONTROL ÜNİTESİ

Yakma sistemlerinin bir diğer örneği ise, pilot ve brülörün eş zamanlı ve ayrı iki birim olarak kontrol edildiği yapılardır. Pilot ve ana brülörün ayrı ayrı kontrol edildiği sitem Şekil *14*'da verilmiştir. Ana brülör yandıktan sonra pilot brülörün devrede olduğu sistemlerde, pilot brülör ve ana brülör alevi ayrı ayrı kontrol edilmelidir. Örnek bir ürün olarak pilot ve ana brülör alevini denetleyebilen BCU 480 cihazı özellikleri aşağıda sıralanmıştır [9]:

- 2 ayrı alevi denetleyebilme
- Hava valfi kontrolü
- Önsüpürme
- Gaz valfi kontrolü
- Bekleme pozisyonunda iken ihtiyaç halinde soğutma
- Çalışma esnasında arıza kilitlemesi veya tekrar ateşleme seçeneği



Şekil 14: Pilot Brülör ve Ana Brülör Alevinin Kontrolü

Örnek olarak sunulan TS EN 746-2 standardı referans alınarak geliştirilmiş pilot ve ana brülör kontrollü sistem, güvenlik şartlarının kontrolü sonrası başlat-1 verildikten sonra gaz valfi enerjilenerek pilot brülör ateşleme denemesi sağlar. Pilot brülörün başarıyla yanması sonrası sistem başlat-2 sinyalini bekler. Sisteme başlat-2 sinyali verildikten sonra süpürme süresi boyunca hava valfi enerjilenir, süpürme sonrası t_{SA} (başlangıç emniyet süresi) boyunca hava, gaz valfleri enerjilenir ve ateşleme denemesi sağlanır. Eğer alev oluştuysa kontrol bir üst kontrol birimine yani sıcaklık kontrol cihazına/ PLC' ye devredilir.

SONUÇ

Yakma uygulamaları için doğru brülör kontrol ünitesinin kullanılması yatırım maliyetlerinin azalması, uzun ömürlü kullanım ve işletmede kullanım kolaylıkları sağlar. Brülör kontrol ünitelerinin Profinet/ Profibus/ Modbus TCP haberleşmesine uygunluğu sayesinde PLC/ SCADA sistemlerine, brülör kontrol ünitesi verilerinin tamamı iletilebilmektedir. Brülör kontrol üniteleri üzerinde değiştirilebilen parametreler sayesinde spesifik bir ürün elde edilir bu da brülör kontrol ünitesi performansını artırarak ısıtma sürecinde yaşanan sıkıntıların ortadan kalkmasını sağlar ve enerji tasarrufuna katkıda bulunur.

Bu çalışmada, brülör kontrol ünitelerinin alev okuma prensipleri, yakma sistemine göre TS EN 746-2 standardını temel alan alev kontrol ve ateşleme süreleri sunulmuştur ve endüstriyel yakma uygulamalarında kullanılan özel ürün gamlarına yer verilmiştir. Böylece yakma uygulamaları için uzun ömür ve kullanım kolaylığı sağlayacak kontrol ünitelerinin belirlenmesinde kullanılabilecek bir referans çalışma oluşturulmuştur.

KAYNAKLAR

[1] Noeste K, "Brülör Kontrol Üniteleri", Sanayide ve Konutlarda Doğalgaz Semineri, 2007
[2] Gerald Rogoff, "Plasma and Flames, The Burning Question", Coalition for Plasma Science, 1-2, 2008.
[3] Francis F. Chen, "Introduction to Plasma Science and Control Fussion", Springer, 1984.
[4] A. Von Engel, J.R. Cozens, "Flame Plasma", Advances in Electronics and Electron Physics, Academic Press, 1976.
[5] http://www.eraendustriyel.com.tr/Assets/Documents/01GC-Serisi-Roleler.pdf
[6] Türk Standardı TS EN 746-2, 5.2.5.2.4, 2012.
[7] Honeywell Kromschröder "BCU 370 Technical Information", 2020.
[8] Honeywell Kromschröder "BCU 460, 465 Technical Information", 2020.
[9] Honeywell Kromschröder "BCU 480 Technical Information", 2020.