

Sürekli Asitleme Hattının Mekanik Modellemesi

Kaan Esendağ^{*1}

Serkan Bilgin²

İskender Kayabaşı³

Varlık Kılıç⁴

Can Yılmaz⁵

ÖZ

Haddelenmiş ürünlerin yüzeylerinde oluşan tufal tabakasının, sacın daha sonra göreceği işlemlere uygun hale gelmesi amacıyla temizlenmesi gerekmektedir. Bu temizlik işleminin yapılabilmesi için sacın asit havuzundan geçirilip temizlenmesi işlemine asitleme adı verilir. 1900'li yılların ilk çeyreğinden bu yana asitleme hatlarının geliştirilmesi amacıyla pek çok çalışma yapılmıştır [1]. Bu amaçla geliştirilen hat tiplerinden bir tanesi de sürekli asitleme hattıdır. Bu çalışmada, Borçelik Sürekli Asitleme Hattı'nın mekanik modellemesi yapılmıştır. Çalışmada, Matlab yazılımı kullanılmıştır. Öncelikle hattın tanıtımı yapıp özellikleri açıklanmış; bu açıklamalarda yer alan kural setleri, alt sistemler halinde modellenmiştir. Doğrulama çalışmaları üç ana başlık altında gerçekleştirilmiştir. Bu başlıklar: Loop Doluluk Oranlarının Doğrulaması, Kontrolçülerin Doğrulaması ve Kural Setlerinin Doğrulaması'dır. Bu doğrulama çalışmaları için geliştirilen modeller Borçelik sürekli asitleme hattının üretim verileri üzerinden doğrulanmıştır. Doğrulama kısmı tamamlandığında model, verilen proses set hızı değeri ve bobin listesi için istenen zaman aralığını simüle edilebilecek duruma gelmiştir. Bu çalışmanın sonucunda, asitleme hattının bilgisayar ortamında dijital ikizi oluşturulmuş ve bu model, ilerleyen dönemde hatta yapılması öngörülen iyileştirme çalışmalarında kullanılmak üzere hazır hale gelmiştir. Böylece, iyileştirme çalışmaları için gerekli olan denemelerin, hatta zarar vermeden ve maliyetsiz olarak yapılabilmesi sağlanmıştır. Ayrıca, çalışma sonunda elde edilen sanal model, hatta üretilecek bobinlerin çizelgelerin daha verimli yapılabilmesi için araç olarak kullanılacaktır.

Anahtar Kelimeler: Sürekli asitleme hattı, modelleme ve simülasyon, sanal model

Mechanical Modelling of a Continuous Pickling Line

ABSTRACT

In order to prepare milled coils for oncoming processes, they must be purified from oxide layer. This purification process, which is called pickling, is making coils pass through acid pools. On the purpose of developing pickling lines, numerous studies have been done since the first quarter of 1900s. One of the lines, which was developed with these studies, is continuous pickling line. In this study, mechanical modeling of Borçelik Continuous Pickling Line was made. Studies were made in Matlab software platform. First of all, process line was introduced and rule sets of the line were explained during introduction part. Then, these rule sets were modelled as subsystems. Validation studies were made under three main topics: Loop Fullness Ratios' Validation, Controllers' Validation and Rule Sets' Validation. Models were validated with production data of Borçelik Continuous Pickling Line. When validation section was completed, pickling line could be simulated for an optional time period for defined process set velocity and coil list. As a result of this study, digital twin of the line was created and the model became able to use in upcoming improvement studies of the line. On the other hand, improvement studies of the continuous pickling line, became able to done without any cost or burden on the line. Also, virtual model that was created at the end of the study will be used as a tool for more efficient scheduling of upcoming coils.

Keywords: Continuous pickling line, modelling and simulation, virtual model

* İletişim Yazarı

Geliş/Received : 13.07.2017

Kabul/Accepted : 05.09.2017

¹ Borusan Teknoloji Geliştirme ve AR-GE A.Ş., İstanbul - kesendag@borusan.com

² Borçelik Çelik Sanayi ve Ticaret A.Ş., Bursa - sebilgin@borcelik.com

³ Borusan Teknoloji Geliştirme ve AR-GE A.Ş., İstanbul - ikayabasi@borusan.com

⁴ Borusan Teknoloji Geliştirme ve AR-GE A.Ş., İstanbul - vkilic@borusan.com

⁵ Borçelik Çelik Sanayi ve Ticaret A.Ş., Bursa - cyilmaz@borcelik.com



1. GİRİŞ

Sıcak haddeleme ve ısı işleme maruz kalmış çeliklerin yüzeyi atmosferdeki oksijenle reaksiyona girerek oksit tabakası oluştururlar [2]. Metal saclar, yüzeylerinde bulunan tufal tabakası nedeniyle bazı kullanım yerlerinde direkt olarak kullanıma uygun değildir. Yüzey görünümünün önemli olması ve kullanım yerinde, boya gibi yüzey işlemlerinin yapılacak olması halinde, yüzeyi asitle temizlenmiş sıcak hadde ürünlerinin kullanılması tavsiye edilmektedir.

Sıcak haddeleme prosesinin doğal sonucu olarak malzeme yüzeyinde tufal tabakası (FeO) meydana gelmektedir. Oluşan tufal tabakası, HCl kullanılarak temizlenir. Bu işlemlerin bütününe “asitleme” denir.

HCl asitin kullanımı ile açık renkte ve parlak bir malzeme yüzeyi elde etmek mümkün olmaktadır. Her ne kadar temizleme işlemi için H_2SO_4 de uygun ve hatta daha ucuz bir asit olsa da temizleme işleminin daha yüksek hızlarda yapılabilmesi amacıyla HCl tercih sebebidir [3]. Her ne kadar bu çalışmanın konusu olmasa da asitleme hatlarında kullanılan asitlerin çevreye olan zararlarının azaltılması ve yeniden kullanımı ile ilgili çalışmalar yapıldığını belirtmek de faydalı olacaktır [4]. Asitleme işlemi, tanımda da belirtildiği üzere sac yüzeyinin temizlenmesi, böylece kullanıma veya daha sonra uygulanacak işlemlere hazır hale gelmesi amacıyla yapılır [5]. İlk sürekli asitleme hattının patenti US1544506 A (Tytus, 1925) yayınlanma numarası ile 30 Haziran 1925 tarihinde John B. Tytus tarafından alınmıştır. Karbon çelikleri için kullanılan asitleme hatları genel olarak dört başlık altında incelenebilir. Bunlar:

- İtçek Asitleme Hattı
- Yarı-Sürekli Asitleme Hattı
- Sürekli Asitleme Hattı
- Sonsuz Asitleme Hattı

Hattın modern halini alması, yıllar süren çalışmaların bir sonucu olmuştur. Bu çalışmalarda, hattın farklı noktaları için mekanik, kimyasal, kontrol temelli uygulamalar geliştirilmiş; hat iyileştirme çalışmaları yapılmıştır. Örnek olarak hatta malzeme akış sistemini analiz eden çalışmalar gösterilebilir [7]. Kimyasal tarafta ise asit havuzlarının derişimleri üzerine yapılmış çalışmalar bulunmaktadır [8]. Hatta bu çalışmaların bazılarında, yetersiz veri erişimi sebebiyle gri kutu modelleme yöntemi kullanılmıştır [9].

2. MEKANİK MODELLEME

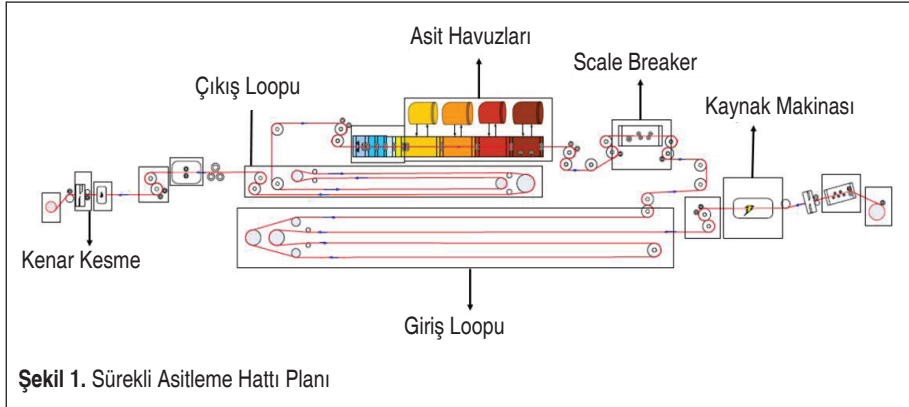
Asitleme hattının detayları ve çalışma prensibi anlaşıldıktan sonra hattın sanal ortamda benzetimini yapacak mekanik model için algoritma oluşturulmuştur. Hattın alt



sistemleri, kontrolcülerini ve bütün kural setlerini de göz önünde bulundurarak geliştirilen algoritma, Matlab ortamında programa dönüştürülmüştür. Hattın genel tanıtımı ve algoritma detayları alt başlıklarda anlatılmıştır. Hattın fiziksel özelliklerine dair bazı bilgilerin verilmeyip değişkenlerle ifade edilmesinin sebebi, bu özelliklerin firmaya ait olması ve firmanın gizlilik konusunda gösterdiği hassasiyettir.

2.1 Genel Hat Tanıtımı

Bu çalışmada modellenecek asitleme hattı, sürekli asitleme hattı sınıfındadır. Sürekli asitleme hatlarında ardışık bobinler birbirlerine kaynaklanarak asit havuzundan geçirilirler. Girişte kaynağın yapılması için gerekli olan giriş ilerlemesindeki durma esnasında prosesteki akışın devam etmesi amacıyla giriş loopu adı verilen bir depolama sistemi vardır. Benzer şekilde, çıkışta da bobinin sistemden koparılması süreci yaşanırken gerçekleşen durma sırasında prosesteki akışın devam edebilmesi için çıkış loopu olarak anılacak bir depolama sistemi bulunmaktadır [9]. (Bu depolama sistemleri, fabrika içerisinde “loop” kelimesi ile ifade edildiğinden dolayı çalışmada da bu isimle anılacaktır.) Bu looplar, Şekil 1’de de görüldüğü gibi, hareketli merdane sistemleriyle çalışmakta, bu merdanelerin hareketleriyle looplar dolup boşalmaktadır.



Şekil 1. Sürekli Asitleme Hattı Planı

Asitleme hattının çalışma süreci şu şekilde gerçekleşmektedir: Bobinler, üretim planlama biriminin vermiş olduğu öncelik sırasına göre, vinç aracılığı ile yastıklara konur ve yastıklardan giriş mandrele gönderilir. Giriş mandrele yüklenen bobin, mandrelin dönmesi ile açılır ve roller yardımı ile doğrultucuya (flattener) yönlendirilir. Doğrultucuda bobinin baş-sonlarındaki dalga giderilir, düzleştirilir. Doğrultucu sonrasında giriş makasta bobinin uygunsuz kısımları doğranarak bobin başı kaynağa hazırlanır.

Bir önceki bobinin sonu ile arkadan gelen bobinin başı, yakma alın kaynak makinasında (Flash Butt Welder) yüksek akım ve basınç altında alın altına kaynatılır ve kaynağın üzerinde bulunan cürufklar trim bıçaklarıyla temizlenir. Kaynaklanan bobin-



Şekil 2. Borçelik Sürekli Asitleme Hattı

ler, 435 metre uzunluğa sahip ve giriş-kaynak operasyonları esnasında hattın sürekli çalışır halde kalmasını sağlayan giriş loopuna (giriş akümülyasyon) gönderilir.

Giriş loopundan çıkan bobin, tufal kırıcı (scale breaker) makinasına gelir. Tufal kırıcı giriş ve çıkışındaki ana merdaneler arasında gerilen sacın üzerine, iş rolleri tarafından uygulanan dikey kuvvetlerin etkisi ile bobin yüzeyinde bulunan tufaller mekanik olarak kırılır ve %3'e kadar verilen uzama ile sıcak hadde kaynaklı oluşan kenar dalgalarını minimize edilir. Tufal kırıcıdan çıkan bant, asit banyolarından geçirilerek (shallow type) HCl ile temizlenir. Banyo sıcaklıkları $x^{\circ}\text{C}$ - $y^{\circ}\text{C}$ aralığında ve asit konsantrasyonu z g/lit olarak tutulur. Asit banyolarında gerçekleşen kimyasal reaksiyon ile bobin yüzeyinde tufal tabakası temizlenir ve bobin, ağırlığının % x 'lik bölümünü tufal olarak kaybeder. Bobinin asit içerisinde fazla kalması durumunda, asidin sacın aşındırmasını yavaşlatmak için asit inhibitörü kullanılmaktadır. Bant üzerinde kalan asidin uzaklaştırılması için rins (durulama) banyoları bulunmaktadır. Bu banyolarda nozül-lerden sac yüzeyine demineralize su püskürtülerek, yüzeyin durulanması sağlanır. Durulanmış bobin $x^{\circ}\text{C}$ 'deki kurutucudan geçirilerek, yüzeyindeki ıslaklık giderilir.

Kuruyan bant, yüzeyin tüm genişliği ve uzunluğu boyunca uygunsuzlukların kayıt altına alındığı otomatik yüzey kontrol sistemine (SIAS) girer ve SIAS'ta tespit edilen uygunsuzluklar yüzey gözlem operatörü tarafından sisteme kaydedilir. SIAS'tan hemen sonra bobinin hammadde genişliği ölçülür. Genişlikölçerden çıkan bobin çıkış loopuna (çıkış akümülyasyon) girer. 360 metrelik sacı biriktirebilen çıkış loopu, kenar kesme ve çıkış operasyonları esnasında prosesin sürekli çalışır halde kalmasını sağlar. Çıkış loopundan çıkan bobin, kalınlıkölçere gelir. Bu ekipmanda sac genişliği boyun-



ca profil taraması ve bobin boyunca orta nokta ölçümü yapılır. Kalınlıkölçerden çıkan bobin kenar kesmeye gelir. Kenar kesmede genişlik müşteri isteğine uygun hale getirilir, bobin soğuk haddeye hazırlanır ve bobin kenarındaki uygunsuzluklar giderilir. Kenar kesme makinasında, kenarlardan toplamda minimum a mm, maksimum b mm çapak alınabilmektedir. Bobin kenarlarından çıkan çapaklar hurda doğrayıcıda (scrap chopper) nakliye kolaylığı için küçük parçalara ayrılır. Kenar kesme bölgesinden sonra bobin, elektro-statik yağlayıcıya (ESO) gelir. Bu kısımda, bobin yüzeyindeki paslanmayı engellemek ve soğuk hadde prosesine yardımcı olmak için, bobin homojen bir şekilde yağlanır. İç müşteri (haddeler) için $x \text{ gr/m}^2$ hadde yağı, dış müşteri için (PO) $y \text{ gr/m}^2$ koruyucu yağ kullanılır. Bant yağlandıktan sonra kaynak bölgesi makastan doğranır ve bant çıkış mandrelde müşteri talebine uygun olacak şekilde üstten veya alttan sarılır. Sarılan bobinler çıkış kantara getirilerek tartılır, sargıların açılması engellenecek şekilde çemberle sıkılır, bobin bilgileri bobin, üzerine ve etikete yazılarak, bobin, iç ya da dış müşteriye sevk edilir.

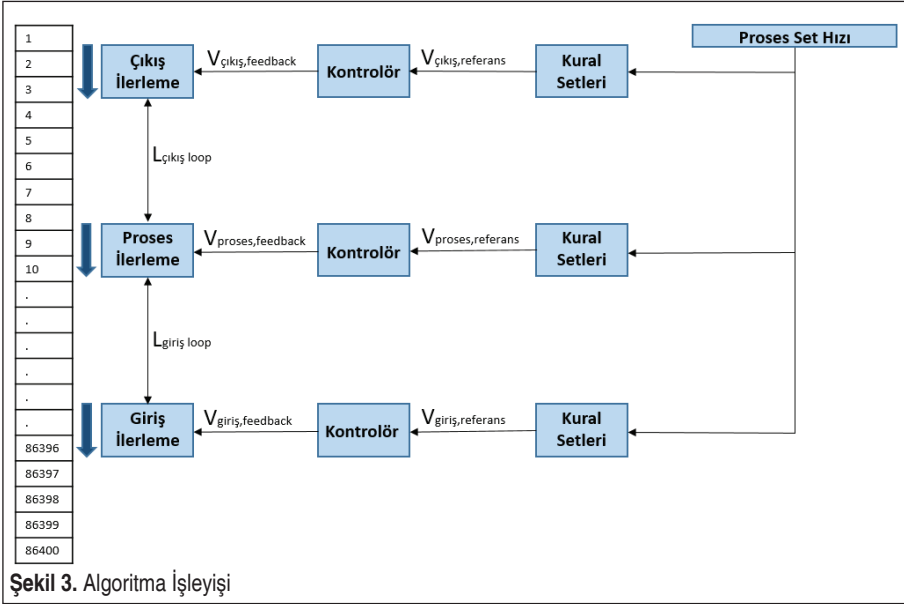
Hat Yeteneği

- | | |
|---------------------------|-------------------|
| • Üretim kapasitesi: | 1.600.000 ton/yıl |
| • Üretilen sac kalınlığı: | 1,20 – 6,00 mm |
| • Üretilen sac genişliği: | 600-1560 mm |
| • Maksimum proses hızı: | x m/dakika |
| • Bobin kesit alanı: | y mm^2 |
| • Bobin dış çap: | a - b mm |
| • Bobin iç çapı : | c - d mm |

Çalışma dahilinde, Matlab yazılımı ile sistemin tek boyutlu mekanik modellemesi yapılacak; bu modelleme, gerçekleşen verilerle doğrulandıktan sonra simülasyon modeli oluşturulacak ve istenen bobin listesi ve proses hızları için süreç kontrol edilebilecektir. Bu sayede sistem üzerinde optimizasyon fırsatı olduğu düşünülen noktalar, hatta deneme yükü olmadan simüle edilebilecek ve getiriler öngörülebilecektir. Çalışmanın sonucunda, parametre/bileşen alternatif benzetimleri, girdi alternatif benzetimleri, proses alternatif benzetimleri, planlama alternatif benzetimleri yapılabilecek ve sonuçlar karşılaştırılarak üretim artışı, ürün kalite artırımı ve kâr artışı gibi ekonomik faydalar elde edilecektir. Ayrıca, ulaşılabilecek hız stabilizasyonu sayesinde hattaki yıpranmalar ve bakım maliyetleri azaltılmış; prosesin durmasıyla kalitede meydana gelen olumsuz etkiler en aza indirgenmiş olacaktır.

2.2 Algoritma Tanıtımı

Pickling hattının modeli için en önemli parametre proses hızıdır. Proses hızı ile giriş



hızı arasındaki fark, giriş loopunun dolma/boşalma oranını ve proses hızı ile çıkış hızı arasındaki fark ise çıkış loopunun dolma/boşalma oranını verecektir. Proses hızı, loop doluluk oranları kritik konuma geldiği durumlarda düşürülecek; diğer zamanlarda belirlenen set hızı değerine sabitlenecektir. (Bu konunun detaylı incelemesi Mekanik Modelin Doğrulanması kısmında detaylı olarak ele alınacaktır.)

Algoritma akışı Şekil 3'te gösterilmiştir. Burada soldaki tablo, zaman akışını göstermekte olup tüm sacların kaynaklandığı varsayılan tek bir uzun sacı temsil etmektedir. En solda kalan giriş, proses ve çıkış ilerleme kutuları bu sac üzerine ilerleyen arabalar gibi düşünülebilir. Burada ilerlemeden kasıt, ilgili bölgeden geçen sac metrajıdır. Bir bobin tamamen sisteme girdikten sonra ikinci bobinle aralarındaki kaynak işleminin yapılması sırasında girişteki ilerleme belirli bir saniyede (yani tek bir uzun sac gibi düşünülürse, o sacın belirli bir metresinde) durur. Bunu giriş ilerleme arabasının durması olarak düşünebiliriz. Bu esnada proses akmaya devam edeceği için proses ilerleme arabası giriş ilerleme arabasına yaklaşır. Bu da giriş loopunun metraj olarak küçülmesi, bir başka deyişle, giriş loopunun boşalması anlamına gelir. Aynı durum, proses ilerleme arabası ile çıkış ilerleme arabası arasında da geçerlidir.

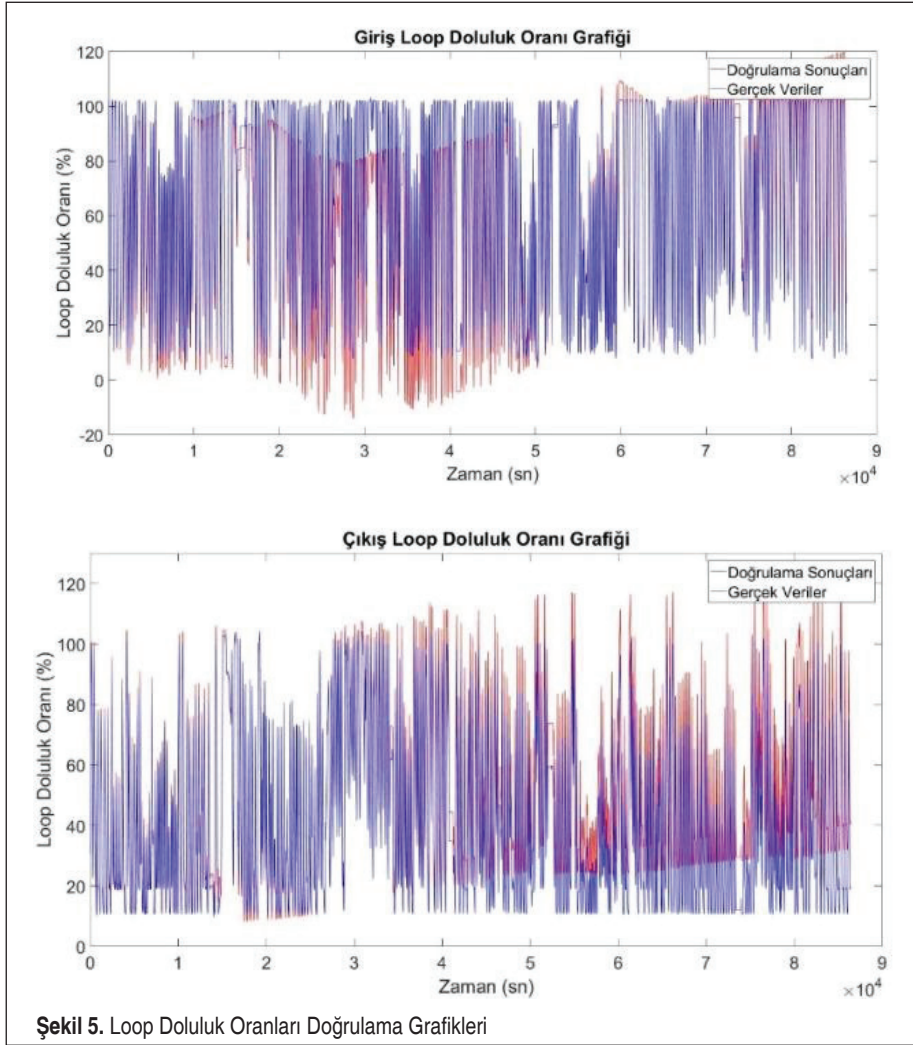
3. MEKANİK MODELİN DOĞRULANMASI

Mekanik modelin doğrulanması, algoritma akışına göre belirlenmiş olup üç aşamalı olarak gerçekleştirilecektir (Şekil 4). Bu aşamalar şunlardır:



riler bir günlük üretim için karşılaştırılmıştır. Şekil 5'te bu karşılaştırma incelenebilir. Grafiklerden de anlaşıldığı üzere, iki ayrı veri benzer şablonu çizmektedir. Aralarda meydana gelen farkların belli sebepleri vardır. Bunlar:

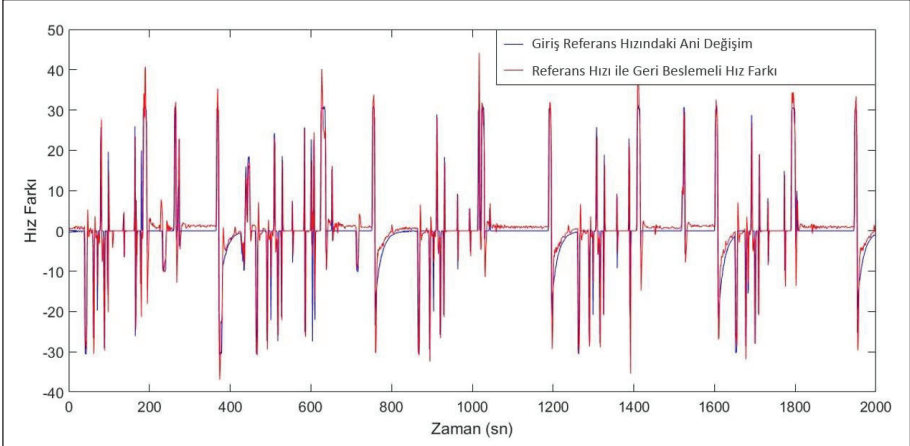
- Loop doluluk oranlarının ölçümü yapılırken, ilerleyen metraj yerine loop arabalarının hareketlerinin ölçülmesi ve bu sebeple aralarda sehim yapan sacların ölçüme dahil edilememesi ile
- Yapılan gerdirmeler sonucu bobinin girişteki uzunluğunun değişebilmesidir.



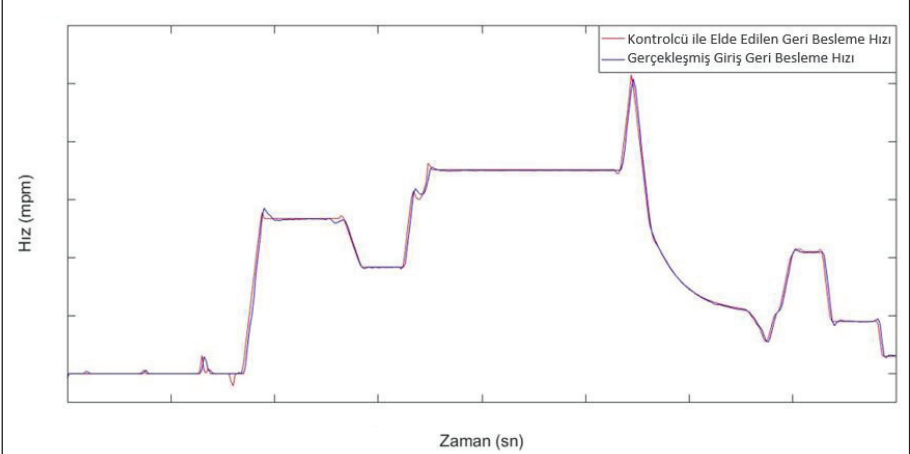


3.2 Kontrolcülerin Doğrulanması

Modellemenin daha doğru sonuçlar verebilmesi ve motora doğru veri gönderilebilmesi için, referans hızlarla geri beslemeli hızlar arasındaki farkın sebebinin bulunması ve elde edilmek istenen geri beslemeli hıza göre motora referans hız sinyali gönderilmesi gerekmektedir. Yapılan incelemeler sonucunda, referans hızları ile geri beslemeli hızlar arasındaki farkın sistemin hızlanıp yavaşladığı noktalarda fazla olduğu öngörülmüştür. Bu görüşü doğrulayabilmek için çizdirilen grafik, Şekil 6'da görülebilmektedir. Şekilden de görüldüğü gibi ivmelenme, referans hızı ile geri beslemeli hız arasında fark olmasına sebep olmuştur. Sözgelimi, hızlanan bir süreç takip edilirken, geri



Şekil 6. Referans Hızındaki İvmelenme ile Referans-Geri Beslemeli Hız Farkının Karşılaştırılması

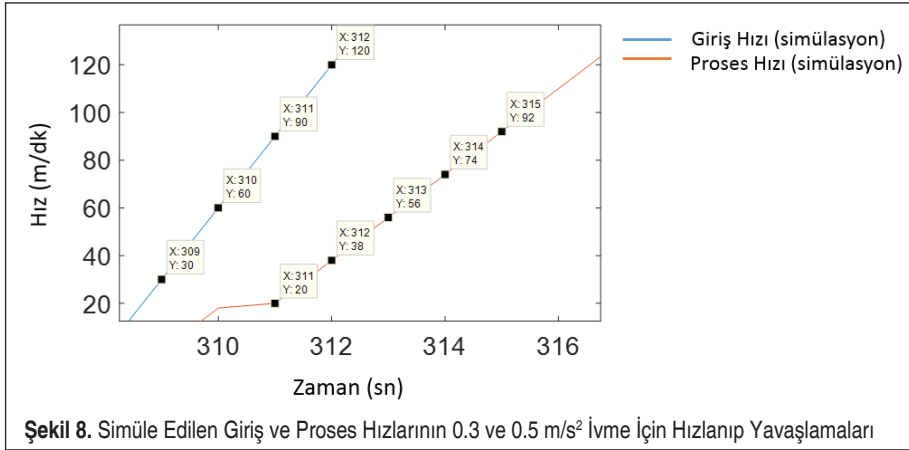


Şekil 7. Kontrolcü Algoritmasıyla Elde Edilen Geri Besleme Hızı ile Gerçekleşen Geri Besleme Hızı Karşılaştırma Grafiği

beslemeli hız, referansın gerisinde kaldığı için, referans ani olarak uygulanamamakta, bu da yanlış hız değerinin eldesiyle sonuçlanmaktadır.

Bu sebeple, motora veri gönderilirken, o an elde edilmek istenen hızın biraz üstünde veya altında bir hız değeri tanımlanmalı, bu sayede fark miktarı çıkarıldığında elde edilen geri besleme değeri aslında ulaşılmak istenen hız olarak kalmalıdır. Bu çalışma sonucunda geliştirilen algoritma ile tanımlanan geri besleme hızı ve gerçekleşmiş geri besleme hızı arasındaki fark Şekil 7’de görülebilmektedir.

Kontrolcünün algoritmadaki bir başka görevi de hızların hızlanıp yavaşladığı noktaları gerçeğe yakın olarak simüle etmektir. Algoritma mantığı ile çalışıldığı durumda giriş hızı bir saniye içinde sıfırdan maksimum hız değerine çıkabilmektedir. Bunun önüne geçilebilmesi için motorların ivmelenme değeri olan, giriş ve çıkış hızı için 0.5 m/s^2 , proses hızı için 0.3 m/s^2 temel alınarak; giriş, proses ve çıkış hızlarının kademeli hızlanıp yavaşlamaları sağlanmıştır. Bu özellik de Şekil 8’de görülebilir.

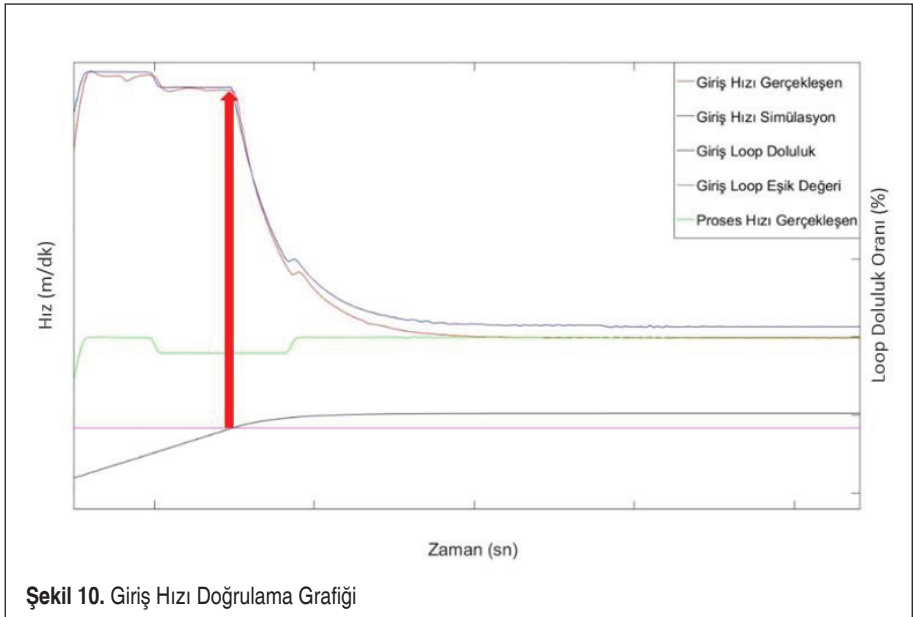
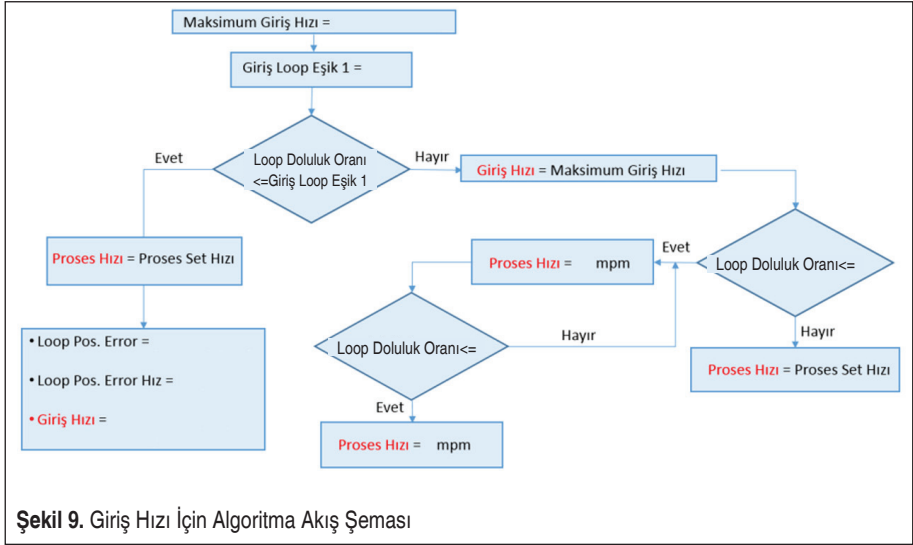


Şekil 8. Simüle Edilen Giriş ve Proses Hızlarının 0.3 ve 0.5 m/s² İvmeye İçin Hızlanıp Yavaşlamaları

3.3 Kural Setlerinin Doğrulaması

Kural setlerinin doğrulaması için yapılan çalışmalar, giriş hızı ve çıkış hızı için ayrı ayrı değerlendirilecek olup, algoritma akış şemaları ve doğrulama grafikleriyle birlikte verilecektir.

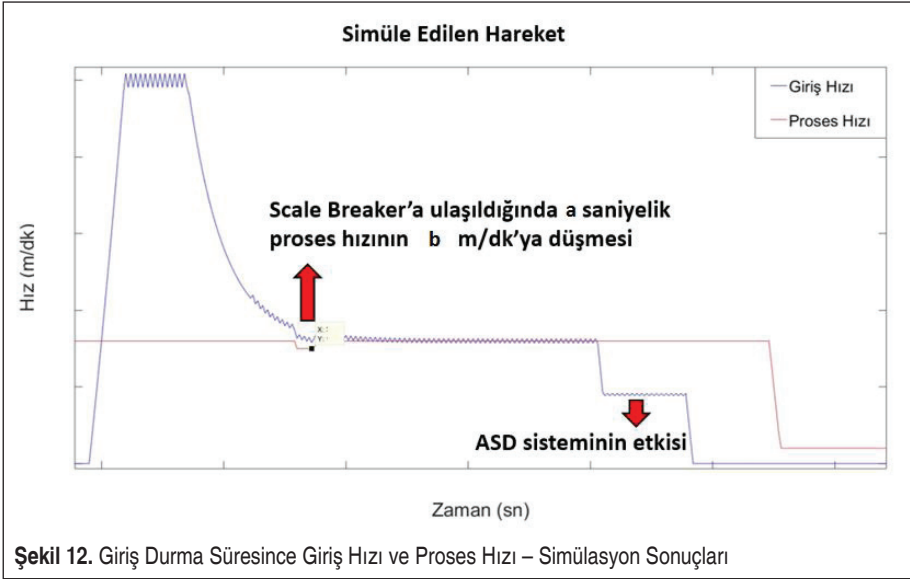
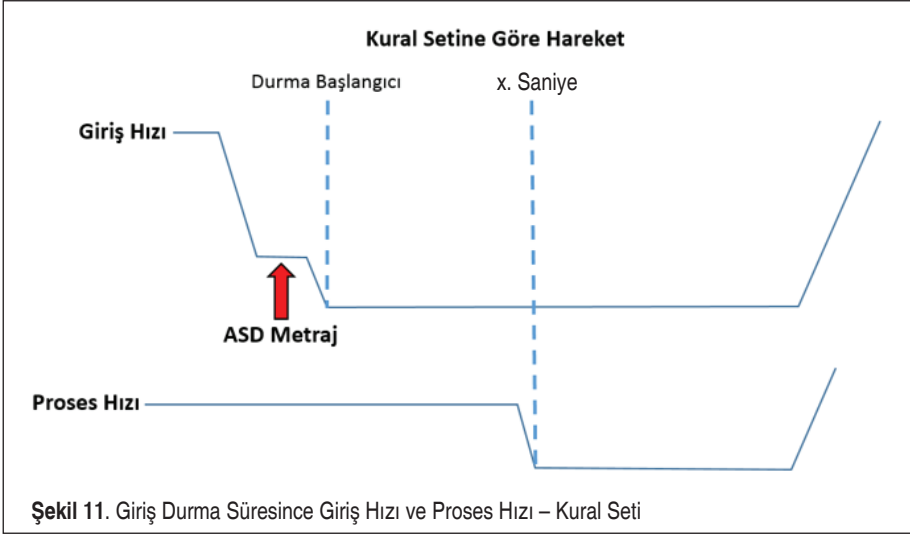
Girişte eşik değeri ve hızlarla ilgili kuralların yanı sıra durma süresinde ve bobinin sisteme ilk dahil oluşunda uygulanacak kurallar da mevcuttur. Bu kurallardan ilki, bobinin sisteme dahil olduğundan sonra scale breaker'a ulaşması ile birlikte a saniyelik proses hızında bir düşüş yaşanmasıdır. Bu a saniye süresinde proses hızı b m/dk değerine düşürülür. Bir diğer kural da giriş durma süresinin x . saniyesine geldiğinde, proses hızında düşme yaşanmasıdır.



Bu düşüş,

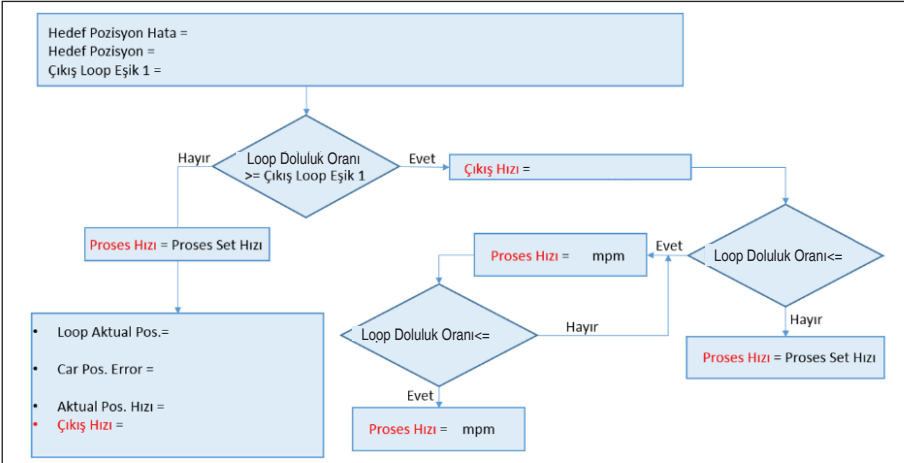
- $\text{Proses Hızı} = (\text{Giriş loopunda mevcut bobin metrajı} \cdot c) / (d)$

olarak formüle edilebilir.

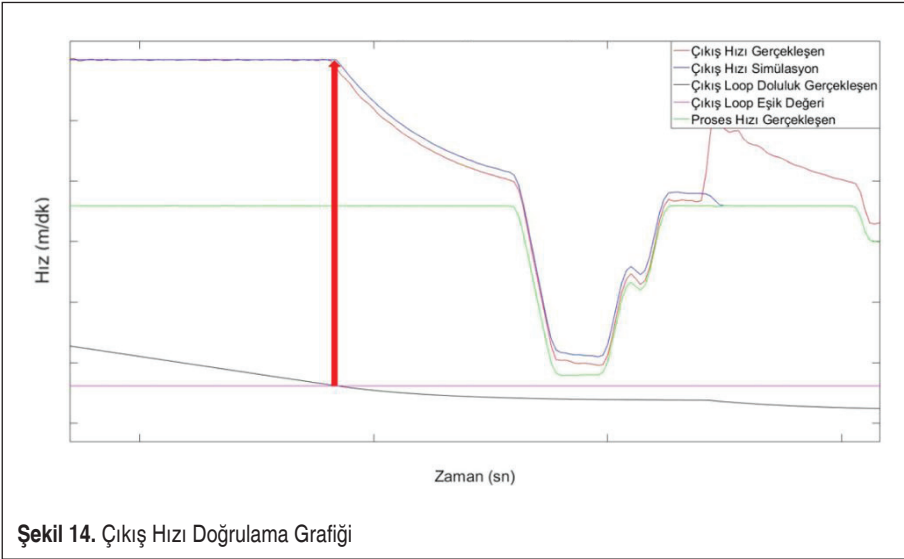


Grafiklerde giriş ve çıkış loop doluluk oranlarının eşik değerini yakaladığı noktalardaki hız düşüşü kırmızı oklarla gösterilmiştir. Bunun yanı sıra, çıkış loopunda bobinlerin kenar kesme özelliklerine göre dört farklı çıkış hızı durumu vardır. Bunlar,

- Notch'lu Durum
- Aynı Ebat Durumu



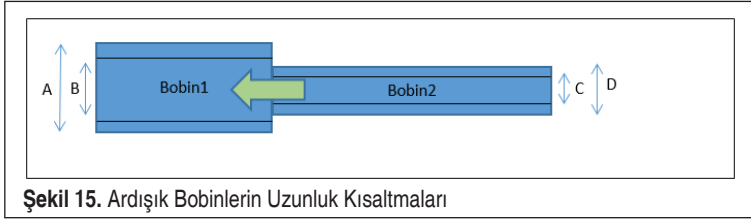
Şekil 13. Çıkış Hızı İçin Algoritma Akış Şeması



Şekil 14. Çıkış Hızı Doğrulama Grafiği

- DWA Durumu
- Kenar Kesmesiz Durum

Bu durumlar, ardışık bobinlerin kenar kesme özelliklerine göre tanımlanır ve Sequence 5 ve Sequence 6 sinyalleri alındığında çıkış hızı ile proses hızının hangi noktaya düşeceği belirlenir. Öncelikle kenar kesme özelliklerine göre hangi durumun gerçekleşeceği açıklanacaktır. Geçiş durumuna göre çıkış hızındaki değişimler algoritmanın son halinde tanımlanmıştır.



Şekil 15. Ardışık Bobinlerin Uzunluk Kısaltmaları

A : Bobin1 giriş genişliği

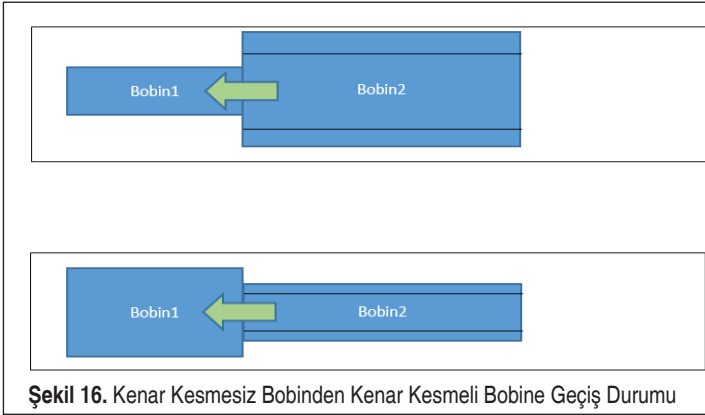
B : Bobin1 çıkış genişliği

C : Bobin2 çıkış genişliği

D : Bobin2 giriş genişliği

Her iki bobin de kenar kesmesiz ise “Kenar Kesmesiz Geçiş” özelliği kullanılır. Her iki bobinin de çıkış genişlikleri birbirine aynı ise “Aynı Ebatlı Geçiş” özelliği kullanılır.

3.3.1 Kenar Kesmesizden Kenar Kesmeliye Geçiş Durumu

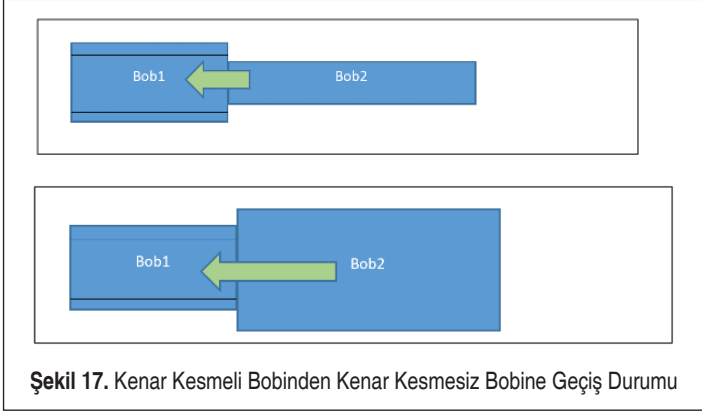


Şekil 16. Kenar Kesmesiz Bobinden Kenar Kesmeli Bobine Geçiş Durumu

- Bobin2.Çıkış genişlik – Bobin1.Çıkış genişlik $> x$ Aynı Ebat Geçışı
- Bobin2.Çıkış genişlik – Bobin1.Çıkış genişlik $\leq x$ Notchlu Geçiş

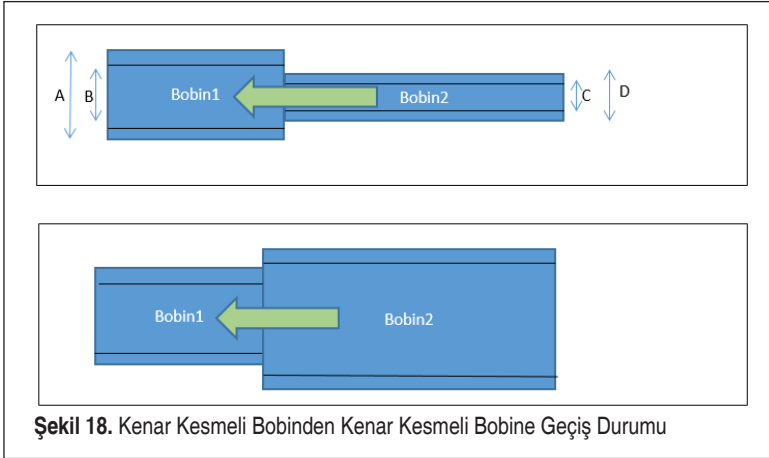


3.3.2 Kenar Kesmeli Bobinden Kenar Kesmesize Geçiş Durumu



- Bobin1.Çıkış genişlik – Bobin2.Çıkış genişlik > x **Aynı Ebat Geçışı**
- Bobin1.Çıkış genişlik – Bobin2.Çıkış genişlik ≤ x **Notchlu Geçiş**
- Bobin1.Çıkış genişlik – Bobin2.Çıkış genişlik ≤ x olacağından **Notchlu Geçiş**

3.3.3 Kenar Kesmeli Bobinden Kenar Kesmeli Bobine Geçiş Durumu



- Eğer B=C ise **Aynı Ebat Geçışı**
- (Maks [A, B, C, D] – Min [A, B, C, D]) < x ve Çıkış genişliği fazla olan bobinin Kalınlığı ≤ y ise **DWA Geçışı**
- Değilse **Notch'lu Geçiş**

Bu geçiş özellikleri yukarıdaki grafiklerle de açıklandığı gibi, çıkış ve proses hızlarındaki düşüşlerin tetikleneceği yerleri göstermektedir. Burada, kenar geçme özelliğine göre çıkış hızının düşeceği değer bellidir. Proses hızının düşüşü ise şu şekilde formüle edilir:

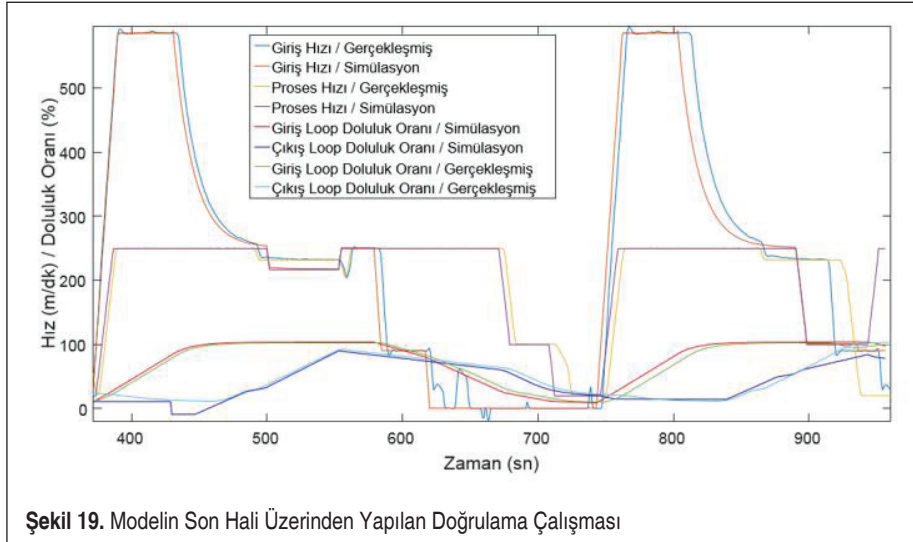
- Proses Hızı = (Çıkış Loopunda mevcut bobin metrajı * c) / (d)

Burada dikkat edilmesi gereken en önemli nokta ise proses hızının hem giriş hem de çıkış loopundaki hareketten etkilenebilmesidir. Böyle bir durum gerçekleştiğinde, iki kuraldan elde edilen değerlerin minimumu geçerli olur. Bu özellik, proses hızını x ve y m/dk'ya düşüren durumlar için de geçerlidir. Her zaman için kurallar sonucu belirlenen minimum proses hızı değeri, geçerli proses set hızı kabul edilir.

3.3.4 Nihai Doğrulama Çalışmaları

Bu kısma kadar açıklanmış olan doğrulama çalışmalarının her biri, özellikle bir alt sistemin kontrol edilmesi için yapılmış çalışmalardır. Çalışmanın doğrulamasının tam anlamıyla tamamlanabilmesi için, sistemin alt modellerinin birleştirilerek sistem modelinin elde edilmesi ve bu sistem modelinin doğrulanması gerekmektedir. Bu noktada, gerçek üretim verileri ile modelin sonuçları belirli bir zaman aralığı için karşılaştırılmalı, sistem çalışma prensipleri ile model çalışma prensiplerinin aynı doğrultuda olduğu teyit edilmelidir.

Buraya kadar yapılan algoritma geliştirme çalışmaları, daha önce belirtildiği gibi, Matlab ortamında yapılmıştır. Çalışmalarda Matlab'in standart kodlama kütüphanesi kullanılmıştır. Önceki bölümlerde açıklanan akış şemaları ile tanımlanmış olan kural



Şekil 19. Modelin Son Hali Üzerinden Yapılan Doğrulama Çalışması



setleri ve alt sistemlerin tamamı, sistem modeli oluşturacak şekilde bir Matlab dosyasında birleştirilmiştir. Bu dosya .m uzantılı bir dosya ile kaydedilmiştir. Modelin son hali üzerinden yapılmış doğrulama çalışması Şekil 19'da; çalışmaya ait veriler de Tablo 1'de görülebilir.

Tablo 1. Şekil 19'da Görülen Doğrulama Çalışmasına ait Veriler

Doğrulama Çalışması	Gerçekleşen Üretim Süresi (sn)	Simüle Edilen Üretim Süresi (sn)	Üretim Süresi Hata Payı (%)
D_6	9 dk 37 sn	9 dk 42 sn	% 0.87

4. SONUÇ

Bu çalışmanın temel yapılış sebebi, sürekli asitleme hattının en verimli şekilde nasıl çalışacağına test edilebilmesi için bir araç elde etmek, hattın dijital bir kopyasını çıkarmaktır. Gelişen teknoloji, sistemler ve hat kullanım tecrübesinin artması ile bazı iyileştirme fikirleri doğmakta, zaman içerisinde hat ile alakalı uygulama fikirleri test edilmek durumunda kalmaktadır. Bu testlerin hat üzerinde yapılması, hattın durması, süreçlerin yavaşlaması gibi maliyet yükleri getirmektedir. Bu sayede, hat üzerinde yapılmak istenen iyileştirme çalışmaları, herhangi bir maliyet olmadan denenebilecek, geliştirilen optimizasyon algoritmaları ile senkronize çalıştırılarak, daha doğru sonuçlar elde edilebilmesini sağlayacaktır. İlerleyen süreçte çizelgeleme ve kural setleri optimizasyonu çalışmaları ile hattın daha verimli çalıştırılabilmesi amaçlanmaktadır.

Açıklanan mantık temelinde yapılan bu çalışmada iş akışı şu şekilde oluşturulmuştur: Prosesin değişkenleri alt sistemler halinde matematiksel olarak modellenmiş, çalışma sistemlerine dair akış şemaları çıkartılmıştır. Elde edilen veriler ışığında alt sistemler, Matlab yazılımında kodlanarak oluşturulmuştur. Bu alt sistemler, gerçekleşmiş veriler kullanılarak doğrulanmıştır. Sistemin istenen kurullarla ve fiziksel çalıştığından emin olunmuştur. Daha sonra bu alt modeller birleştirilerek nihai model oluşturulmuş ve nihai model doğrulama çalışmaları yapılmıştır. Bu çalışmalar sonucunda, % 0.87 üretim süresi hata payı ile üretimin modellenbildiği görülmüştür.

Yapılan çalışmalarla, sürekli asitleme hattının sanal ortamda bir kopyası çıkartılmıştır. İlerleyen dönemde yapılması olası bir çizelgeleme ve/veya kural setleri optimizasyonu bu model üzerinde denenebilir, faydalı sonuçlar verip vermeyeceği incelenebilir; modelin .exe formatında kaydedilmesiyle Matlab ortamı haricinde çalışabilecek şekilde çoğaltılabilir.



KAYNAKÇA

1. **Tytus, J. B.** 1925. Metal-Pickling Process, U.S. Patent No: 1544506.
2. **Robson, J.** 1993. Steel Pickling: A Profile, Draft Report, EPA Contract 68-D1: 0143.
3. **Eagleson, M.** 1994. Concise Encyclopedia Chemistry, Walter de Gruyter, Berlin.
4. **Watanabe, T., Nakazato, Y., Sato, R.** 1985. "An Outline of the Stainless Steel Continuous Annealing and Pickling Line at Chiba Works," Kawasaki Steel Tech. Rep. 13, p. 140-148.
5. **Agrawal, A., Navneet, N., Dubey, S. K.** 2014. "A Review on Regeneration Process of Waste Pickling Acid at Steel Industries," International Journal of Engineering Research and Reviews 2 (4), p. 70-73.
6. **Aurora, C., Schlauzero, D., Cuzzola, F. A.** 2009. "Pickling Line Modeling for Advanced Process Monitoring and Automation," Technological Papers, Danieli Automation, p. 384-389.
7. **Nassar, M. G. V., Melo, J. I. G., Miyagi, P. E., dos Santos Filho, D.** 2008. "Modeling and Analysing of the Material Entry Flow System in a Pickling Line Process Using Petri Net," ABCM Symposium Series in Mechatronics, vol. 3, p. 444-453.
8. **Noh, I., Park, H.** 2015. "Acid Concentration Control for Pickling Line of Cold Rolling," IFAC-Papers OnLine, vol. 48 (17), p. 39-41.
9. **Sohlberg, B.** 2005. "Hybrid Grey Box Modelling of a Pickling Process," Control Engineering Practice, vol. 13 (9), p. 1093-1102.
10. **Delwig, F. W., Speelmans, R.** 1971. Continuous Pickling Line for Endless Sheets, U.S. Patent No. 3,625,232.