

# AĞ TABANLI ENDÜSTRİYEL OTOMASYONDA AĞ GECİKMESİNİN İNCELENMESİ

Nihat ÖZTÜRK, Cemal YILMAZ

Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fak., Elektrik Eğitimi Bölümü, 06560, Beşevler ANKARA  
[ozturk@gazi.edu.tr](mailto:ozturk@gazi.edu.tr), [cemal@gazi.edu.tr](mailto:cemal@gazi.edu.tr),

## ÖZET

Bu çalışmada, ağ tabanlı endüstriyel otomasyon sistemi tasarlanarak, bir asenkron motorun uzaktan denetimi gerçekleştirilmiştir. Ağ gecikmesinin motor denetimi üzerindeki etkileri incelenerek meydana gelen gecikme deneysel analizlerle ortaya konmuştur. Ağ gecikmesinin sürekli değişkenlik gösterdiği ağ veri trafiğine bağlı olarak sistem performansına etkisi gözlemlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Ağ tabanlı otomasyon, Ağ gecikmesi, Uzaktan denetim.

## NETWORK-INDUCED DELAY EXAMINED IN NETWORK BASED INDUSTRIAL AUTOMATION.

### ABSTRACT

In this study, remote control of a induction machine has been realized by designing a network based industrial automation system. Delay has been revealed by experimental analysis by examining the effects of network-induced delay on machine control. Continual changes of the network-induced delay and the effects on the systems performance depending on the network data traffic have been observed.

**Keywords:** Network based automation, Network-induced delay, Remote control.

## 1.GİRİŞ

Üç fazlı asenkron motor (ASM)'lar alternatif akım dışında herhangi bir uyarıma ihtiyaç duymazlar. Sincap kafesli ASM basit, sağlam, bakım gerektirmeyen ve tüm güçlerde en ucuz motorlardır. Tüm bu sebeplerden dolayı, elektrik enerjisinin mekanik enerjiye dönüştürülmesi gereken, evlerde, endüstrinin her kolunda, robotlarda, taşımacılıkta ve otomasyonda yaygın olarak kullanılmaktadır. Gelişmiş ürün kalitesi ve daha fazla verimlilik ihtiyaçlarını karşılamak için artan sayıda robot ve otomasyon sistemleri kullanılmaktadır [1-4].

Günümüzde sanayi üretiminden bina işletim sistemlerine kadar her alanda otomasyona geçildiği görülmektedir. Otomasyonun temel bileşenlerinden biri de ağlardır. Ağ bağlantılarında kullanılan donanımlar ağın

hızından tipine kadar bir çok özelliğini belirleyen faktörler arasında yer alırlar. Bu aşamada dikkate alınması gereken temel unsur sistemde kullanılacak donanımlara uygun yapıda otomasyon ağının oluşturulmasıdır. Profibus (Process Field Bus, Saha veri yolu işlemcisi), 1987'de ISO (International Standarts Organization, Uluslararası Standartlar Organizasyonu)/OSI (Open System Interconnection, Açık Sistem Bağlantıları) referans model tabanlı olarak tasarlanmıştır. Uluslararası EN50170 ve EN50224 standartlarına uygun olarak geliştirilen Profibus'ın yüksek hızlı veri iletimi uygulamalarında DP (Decentral Periphery) mimarisi kullanılmaktadır. Profibus, uygulamaya bağlı olarak veri iletiminde RS-485, IEC61158-2 ve Fiber Optik teknolojisinin kullanımına imkan vermektedir [5].

Endüstriyel otomasyon, mekaniksel, elektriksel/elektroniksel ve kontrol sayısal/yazılımın başarılı bir etkileşimine bağlıdır. Profibus mekaniksel, elektriksel ve kontrol sayısal / yazılım fonksiyonlarının teknolojik modül formunda tanımlanması ile bu ihtiyaç başarılı bir şekilde yapılır. Profibus ağının hareket denetiminde kullanılabilmesi için, gerçek zamanlı haberleşmenin gereksinimi olarak, tepki zamanı 5-10 ms arası makul kabul edilmektedir [6, 7].

Geleneksel sistemlerde noktadan noktaya veya direkt bağlantıda her bir devre elemanı için en az bir elektrik kablosu gerekmektedir. Bu yaklaşım pek çok devreden meydana gelen sistemler için uygun değildir. Çünkü kablo sayısı devre sayısının karesi ile orantılıdır. Alternatif olarak noktadan noktaya bağlı sistem bileşenleri arasında veri alış verişini etkili bir şekilde gerçekleştirebilen güvenilir seri haberleşme protokolleri tasarlanmaktadır. Otomasyon sistemlerinin bir ağ oluşturularak kontrolü yaygın olarak kullanılmaktadır.

Profibus'ın ağ topolojisi master (ana, yönetici) ve slave (yardımcı) istasyonlardan oluşur. Bu istasyon devreleri birbirinden ayrıdır. Veri ekranlı kablo ile iletilir. Master devresi veri yolundaki veri akışını kontrol eder. Slave devreler ise veri yolunda herhangi bir yetkiye sahip değildir, sadece ana istasyonun isteklerini yerine getirirler.

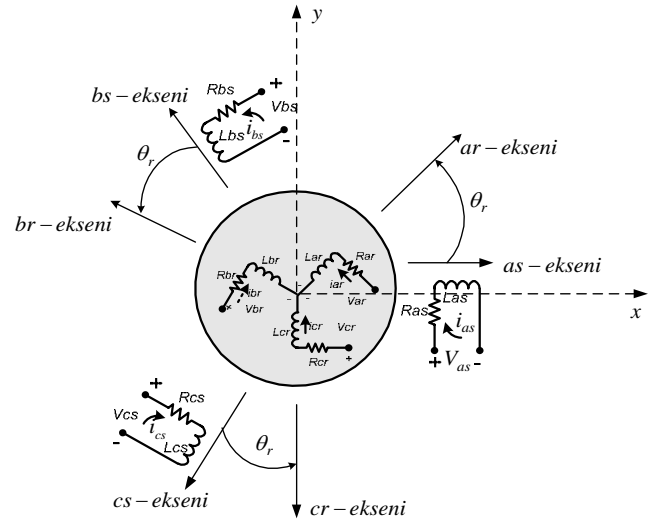
## 2.YÖNTEM

Üç fazlı bir ASM'un yapısı şekil-1'de gösterilmektedir. Şekil vasıtasıyla stator ve rotor devrelerinin gerilim eşitlikleri matrisel formda aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$\mathbf{v}_{abc} = \mathbf{r}_s \mathbf{i}_{abc} + p \boldsymbol{\lambda}_{abc} \quad [1]$$

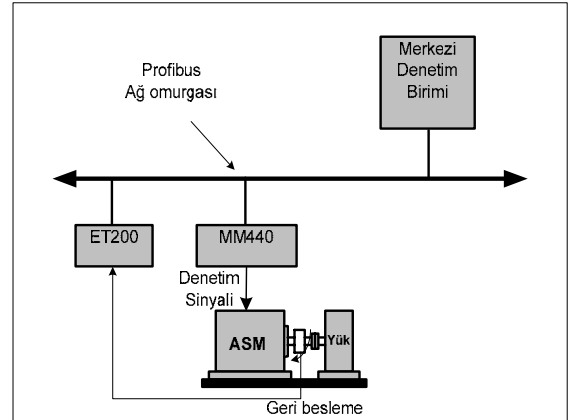
$$\mathbf{v}_{abc} = \mathbf{r}_r \mathbf{i}_{abc} + p \boldsymbol{\lambda}_{abc} \quad [2]$$

Eşitliklerdeki  $p$  ifadesi  $(d/dt)$  türev operatörünü,  $\mathbf{r}_s$  ile  $\mathbf{r}_r$  sırasıyla stator ve rotor dirençlerini,  $\boldsymbol{\lambda}_{abc}$  ile  $\boldsymbol{\lambda}_{abc}$  stator ve rotor akılarını,  $\mathbf{v}_{abc}$  ile  $\mathbf{v}_{abc}$  ise stator ve rotor gerilimlerini ifade etmektedir [8, 9].



Şekil 1. Üç-fazlı ASM'nin manyetik eksen düzlemi.

Uygulama şemasının blok diyagramı Şekil-2'de verilmektedir.



Şekil 2. Profibus tabanlı asenkron motor denetiminin blok şeması.

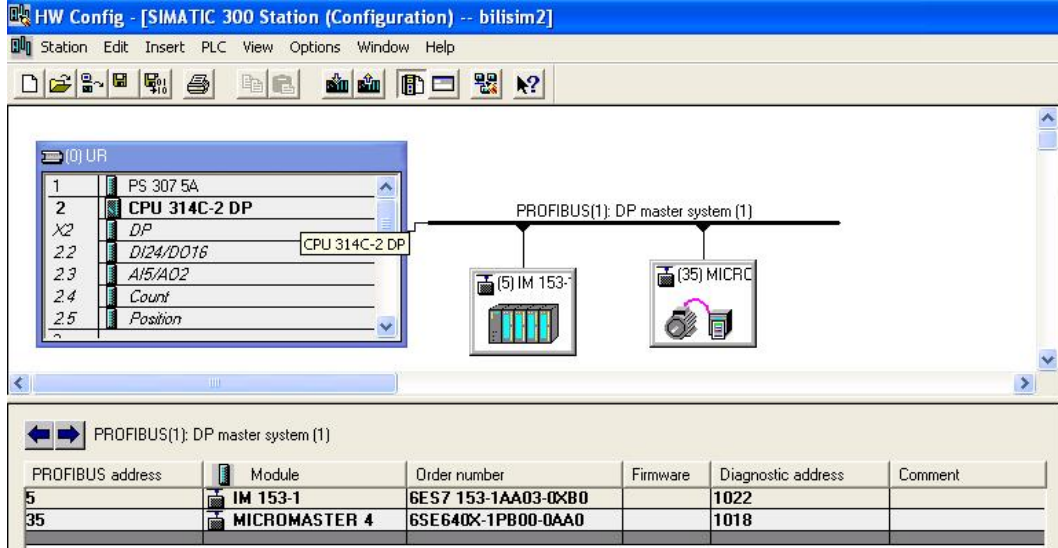
## 3.UYGULAMA SONUÇLARI

Profibus tabanlı ağ yapısı oluşturulduktan sonra Mikromaster 440 kullanılarak ağa bağlanan 3 Fazlı ASM'un uzaktan denetimi, çalışma frekansı değiştirilerek gerçekleştirilmiştir.

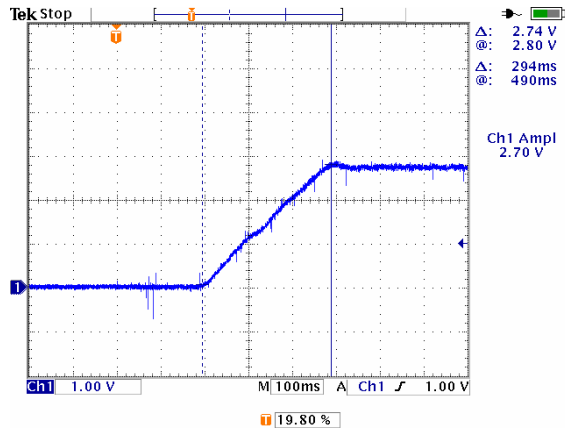
Şekil 3'te ASM denetimini için SIMATIC Manager programı kullanılarak kurulan Profibus ağı, ağa bağlanan modüller, Profibus adresleri ve CPU bağlantısı görülmektedir. Sistem denetiminde CPU 314C-2DP kullanılmıştır. ASM'dan elde edilen geri

besleme bilgileri ET 200M ile Profibus ağ omurgası üzerinden işlemciye iletilmekte ve burada denetim sinyali elde edilerek tekrar

Profibus ağ omurgası üzerinden MM 440 sürücüsüne gönderilir ve istenilen denetim gerçekleştirilir.



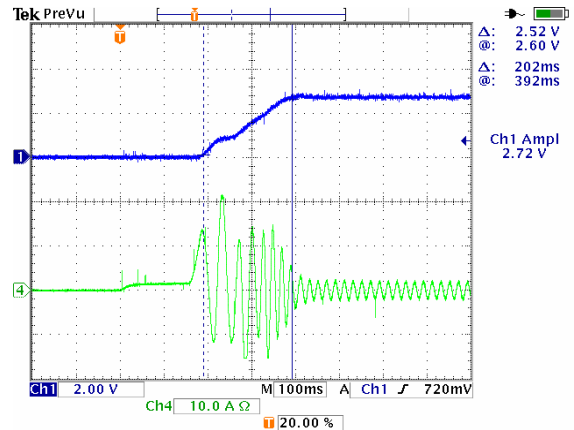
Şekil 3. SIMATIC Manager ile kurulan Profibus ağı



Şekil 4. ASM'un hız eğrisi (1500 d/d, 294 ms)

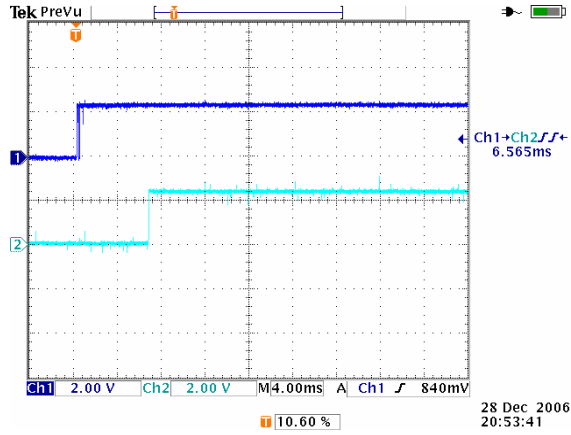
Şekil 4'te gerçekleştirilen uygulamada motorun denetim sinyaline tepkisini (0'dan tam devire ulaşması) gösteren şekil verilmiştir. Şekil 4'te görüldüğü gibi motorun tam devire ulaşması (tam devir=1500 d/d) 294 ms'lik bir süre içerisinde gerçekleşmiştir.

Şekil 5'de motorun kalkınma anında hızın tam devrine varış süresi ve kalkınma akımının oturma süresi görülmektedir. Her iki sürenin yaklaşık olarak eşit olduğu görülmektedir.

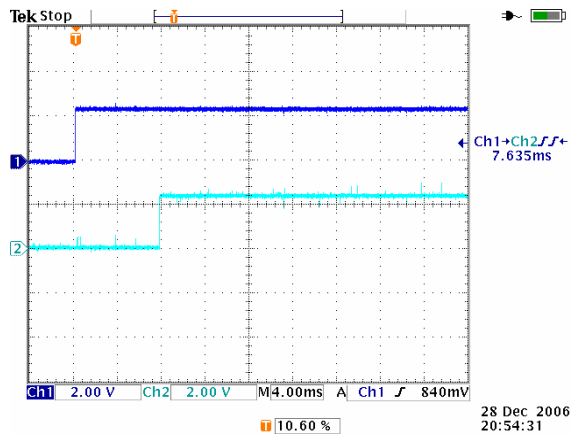


Şekil 5. ASM'un hız ve akım eğrisi (1500 d/d, 202 ms)

Şekil 6. ve Şekil 8'de Profibus ağının sabit çalışma şartları altındaki gözlemler verilmiştir. Burada da görüldüğü gibi çalışma şartları sabit olmasına karşın meydana gelen ağ gecikmesi sabit kalmamaktadır. Bu durum ağ tabanlı sistemlerin denetiminde performansı olumsuz etkilemekte ve kararsız çalışmaya neden olmaktadır. Bu nedenle ağ tabanlı otomasyon sistemlerinde ağ gecikmesi dikkate alınarak sistem çalışması programlanmalıdır. Ağ gecikmesinin sürekli değişkenlik göstermesi sistem tasarımını zorlaştıran önemli bir etkidir.



Şekil 6. Profibus ağ gecikmesi (6.565 ms)



Şekil 7. Profibus ağ gecikmesi (7.635 ms)

#### 4. SONUÇ

Çalışmada endüstriyel otomasyon protokollerinden biri olan Profibus ağı kullanılarak bir ASM'un denetimi gerçekleştirilmiştir. ASM Profibus ağına MM 440 sürücüsü ile bağlanmış ve denetimi bu sürücü kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Motor denetiminde kullanılan geri besleme bilgileri ET 200M arabirimi kullanılarak Profibus ağ omurgası üzerinden alınarak CPU 314C-2DP'de işlenmiş ve gerekli denetim sinyali elde edilmiştir. Motor denetiminde kullanılan bilgilerin motora iletilmesi ve motordan alınan geri besleme sinyallerinin denetim merkezine gönderilmesi işlemleri Profibus ağ omurgası üzerinden gerçekleştirilmiş olması motorun uzaktan denetimini yapabilmeyi sağlamıştır ancak aynı zamanda da ağların önemli bir problemi olan ağ gecikmesinin ortaya çıkmasına da neden olmuştur. Ağ gecikmesinin gerçekleştirilmek istenen denetim şartlarını bozacağı göz önünde bulundurularak denetim

sinyali hesaplanmalı ve ağ ortamına bırakılmalıdır.

#### 5. KAYNAKLAR

1. Lorenz, R.D., Lipo, T.A. and Novotny D.W., "Motion control with induction motors", *Proceeding of the IEEE*, 8(8):1215-1240, 1994.
2. Vas, P., "Artificial-Intelligence-Based electrical machines and drives", *Oxford University Press*, New York, 1999, 100-101.
3. Kamiyoma, K., Ohmac, T. and Sukegawa, T., "Application trends in AC motor drives", *IEEE Transaction on Power Electronic*, 7(3), 1992, 31-36.
4. Sarioğlu M.K., ve diğerleri, "Asenkron makineler ve Kontrolü", Birsen Yayınevi, İstanbul, 2003.
5. Yılmaz, C., Gürdal, O., "Profibus İle Klasik Ağ Sistemleri Arasında Bir Karşılaştırma", *Bilimde Modern Yöntemler Sempozyumu, BMYS'2005*, 557-564, 2005, Kocaeli,
6. Meicheng C., Yanjun F. and Jun Xu, "Implementation of fully integrated automation with Profibus", *Industrial Electronics Society, 2005. IECON 2005. 32nd Annual Conference of IEEE*, 412-415, 2005.
7. Feld, J., "PROFINET-scalable factory communication for all applications", *Factory Communication Systems, 2004. Proceedings. 2004 IEEE International Workshop on*, 33-38, 2004.
8. Krause Paul C., "Analysis of Electric Machinery", *McGraw-Hill Book Company*, New York, 133-150 (1986).
9. Öztürk N. ve Bal G., "Bulanık mantık ve PI denetimli asenkron motorda parametre etkisinin incelenmesi", *Bilimde Modern Yöntemler Sempozyumu BMYS'2005*, 131-138, 2005, Kocaeli.