

STATCOM için Bulanık Mantık Denetleyici

Kenan Yanmaz¹ ve İsmail H. Altaş²

¹Giresun Meslek Yüksekokulu
Giresun Üniversitesi, Giresun
kenanyanmaz@yahoo.com

²Mühendislik Fakültesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü
Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon
ihaltas@ktu.edu.tr

Özet

Bu çalışmada alternatif akım güç sistemlerinde kayıpları azaltmak ve harmonikleri gidermek için kullanılan Statik Senkron Kompanzator'ün (Static Synchronous Compensator - STATCOM) Bulanık Mantık Denetleyici (BMD) ile kontrolü incelenmektedir. Esnek alternatif akım iletim sistemlerinde (Flexible AC Transmission Systems - FACTS) kullanılan cihazlardan biri olan STATCOM, yüke paralel olarak bağlanarak yapılan uygun denetimlerle sistemde reaktif güç dengesini sağlamakta kullanılır. Simülasyonu yapılan bu sistemde bir generatörde üretilen güç yüklerle iletim hatları vasıtasıyla aktarılmaktadır. STATCOM yüklerle paralel olarak bağlanmıştır. Kullanılan BMD Matlab/Simulink ortamında tasarlanmıştır. Elde edilen sonuçlar, PI türü denetleyici kullanılarak elde edilen sonuçlar ile kıyaslanarak BMD'nin etkinliği gösterilmektedir.

Abstract

In this study, a fuzzy logic (FL) controller is designed and used to control a STATCOM, which is called Static Synchronous Compensator, and used to reduce the losses and harmonic components in power systems. STATCOM, which is one of the widely used FACTS devices, is controlled to regulate bus voltage and maintain reactive power balance while minimizing the harmonic effects in the system. A power system consisting of an AC generator, transformers, transmission lines loads and a Fuzzy logic controlled STATCOM is modeled and simulated in Matlab/Simulink/Simpower environment. In order to see the performance of the FL controller, the simulation results are compared with those of PI controller.

1. Giriş

Günümüzün değişen enerji talebine bağlı olarak enerji iletim sistemlerinde kontrol edilebilirlik ve sistem kapasitesinin artırılması konuları son derece önem kazanmıştır. İletim hatlarının kuruluş amacı yük ile iletim merkezleri arasındaki bağlantıyı sağlayarak yükteki hava durumuna, saate, bölgesel farklılığa vb. gibi etkenlere bağlı değişimlerin en ekonomik şekilde karşılanmasını sağlamaktır. Enerji iletim hatlarından büyük güç transfer edilmesiyle yeni santral gereksinimi minimize edilerek mevcut santraller verimli bir şekilde kullanılmaktadır. Bunun yanında komşu ülke ve bölgelerden

enerji alımına ve satışına imkan tanımaktadır. Son yıllarda iletim hatlarının yüklenmesi büyük ölçüde artmıştır ve bu artış devam etmektedir. Yeni hat yapımı veya mevcut hatların yenilenmesi en ekonomik senaryo olarak karşımıza çıkmaktadır. Şuan kullandığımız iletim sistemlerinin çoğunda fiziksel sınırlamalar nedeniyle istenilen miktarda güç akışı sağlanamamaktadır. İletim sistemleri günümüzde mekanik veya elektromekanik kontrol elemanlarıyla kumanda edilmektedir [1].

AC sistemlerde güç akışı, faz açısı, hat empedansı ve hat geriliminin bir fonksiyonudur. Bu değişkenlerin kontrolündeki herhangi bir aksama istenmeyen reaktif güç akışına, yüksek güç kayıplarına ve yüksek veya düşük gerilimlere yol açmaktadır. Paralel ve seri kompanzasyon yapılarak hat empedansının kontrolü ile gerilim büyüklüğü, faz açısı ve hat akımının kontrolü yapılarak güç faktörünün iyileştirilmesi dolayısıyla güç transferinin artırılması mümkündür. Güç sistemlerinde gerilim kontrolü yük bakımından büyük öneme sahiptir. Sistemdeki gerilim düşümü yada yükselmesi beslenen yüklerde arızalara ve performans düşümüne neden olmaktadır.

Gelişen yarı iletken teknolojisiyle büyük güçte güç elektroniği elemanları geliştirilmektedir. Bu elemanlar kullanılarak enerji sisteminin kontrolü "FACTS: Esnek AC İletim Sistemleri" adı verilen daha verimli, hızlı ve güvenilir bir teknolojinin oluşmasına imkan sağlamıştır.

FACTS cihazları AC iletim sistemlerinde reaktif güç kompanzasyonu, faz açısı kontrolü, iletim hattının empedans kontrolü ile sistemdeki akım ve gerilimin istenilen değerde kontrolü gibi uygulamalarda kullanılmaktadır.

Yarı iletken teknolojisinin gelişmesi farklı FACTS cihazlarının geliştirilmesine olanak sağlamıştır. Bunlardan biride Statik Kompanzator'dür (STATCOM) [2-3].

Önerilen sistemde 20 MVA, 6,3 kV, 60 Hz'lik bir generatörün ürettiği güç hattın yüklerle aktarılmaktadır. İletim hattı iki adet birbirine paralel olarak bağlanmış 30 km lik hatlardan oluşmaktadır. Yük olarak 3 MW'lık bir ısıtıcı ile 1,4 MVA'lık RL yükü bulunmaktadır. Kullanılan 4 MVA'lık STATCOM yüklerle paralel olarak bağlanmıştır.

2. STATCOM'lu Sistemin Yapısı

2.1. STATCOM

STATCOM evirici temelli paralel FACTS kontrolör elemanıdır. Güç sisteminden reaktif güç çekecek şekilde kontrol edilen ve bir dc enerji depolama elemanı ile üç fazlı sistem arasına bir evirici bağlanarak yapılan FACTS kontrolüdür [4]. Şönt bağlantılı reaktif güç kompanzatorü olup bağlı olduğu güç sistemine reaktif güç vererek yada sistemden reaktif güç çekerek güç sisteminin bazı parametrelerini değiştirebilen bir elemandır. Şekil 1'de gösterildiği gibi bir dönüştürücünün bir transformator üzerinden sisteme şönt bağlanmasıyla oluşturulan bir yapıdadır. STATCOM'daki aktif ve reaktif güç denklem (1) ve denklem (2) kullanılarak hesaplanır.

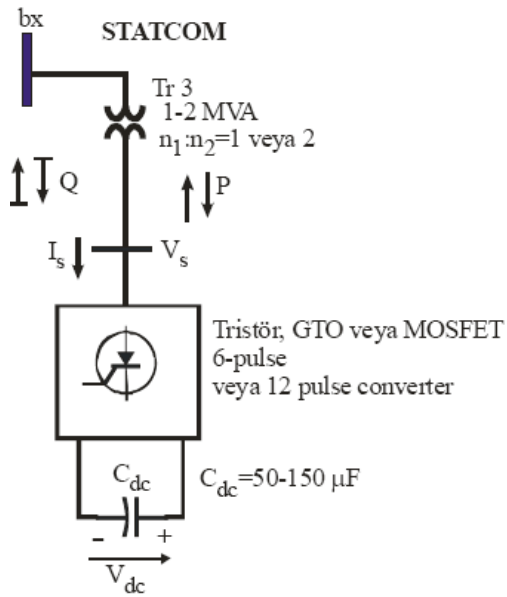
$$P = \frac{V_{bx} V_s \sin \delta}{X} \quad (1)$$

$$Q = \frac{V_{bx} (V_{bx} - V_s \cos \delta)}{X} \quad (2)$$

V_{bx} = Kontrol edilen hattın gerilimi

V_s = Gerilim kontrollü çeviricinin gerilimi

X = Hattın reaktansı



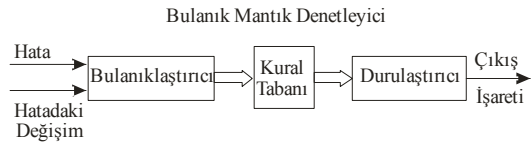
Şekil 1: STATCOM'un yapısı.

2.2. Bulanık Mantık Denetleyici

2.2.1. BMD

Bulanık mantığın birçok uygulama alanı vardır. Kontrol sistemlerindeki uygulaması bunların başında gelen önemli uygulama alanlarından birisidir.

Bulanık mantık denetleyicinin genel akış diyagramı Şekil 2'de görülmektedir.



Şekil 2: BMD'nin temel yapısı.

Şekil 2'de görüldüğü gibi sistem 3 parçadan oluşmaktadır. Bunlar sırasıyla, Bulanıklaştırıcı, Kural Tabanı ve Durulaştırıcı'dır. BMD'nin ilk elemanı olan Bulanıklaştırıcı kendisine uygulanan kesin girişleri bulanık değerlere çevirir. Bu bulanık değerler Kural Tabanı ünitesine gönderilerek burada bulanık kurallarla işlenir ve elde edilen bulanık sonuç Durulaştırma ünitesine gönderilir. Bu kısımda ise bulanık sonuçlar kesin sayıya dönüştürülür.

Genellikle BMD'nin giriş değişkenleri kontrol hatası (e) ve bu hatanın bir örnekleme süresindeki değişimi (de) şeklindedir. Bu değişkenlere göre BMD'nin kural tabanı ünitesinde bir kural tablosu oluşturulur. Bu tablo için bir örnek Tablo 1'de gösterilmiştir [5].

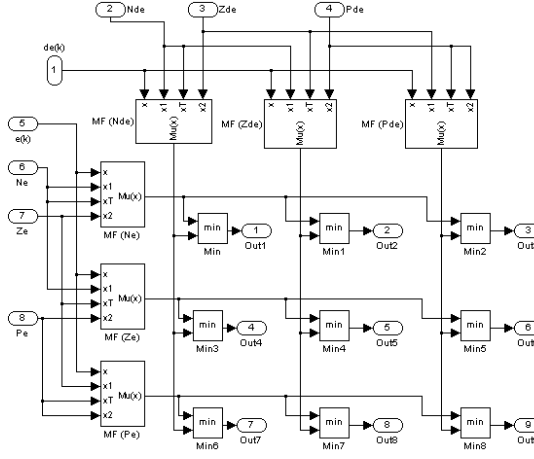
Tablo 1: Bir tablo örneği.

de \ e	NB (Negatif Büyük)	NK (Negatif Küçük)	S (Sıfır)	PK (Pozitif Küçük)	PB (Pozitif Büyük)
NB	NB	NB	NK	NK	S
NK	NB	NK	NK	S	PK
S	NK	NK	S	PK	PK
PK	NK	S	PK	PK	PB
PB	S	PK	PK	PB	PB

2.3. BMD'nin Matlab/Simulink Modeli

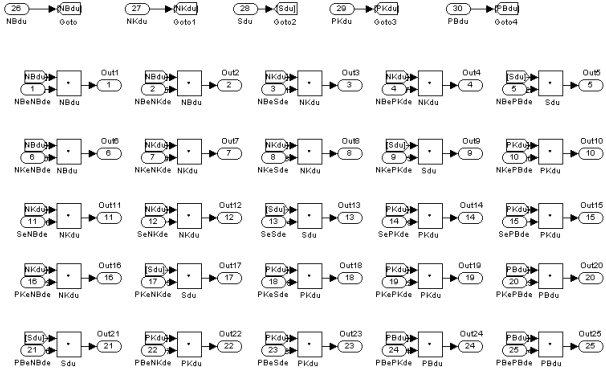
Bulanık Mantık Denetleyicide temel elemanlar üyelik fonksiyonlarıdır. Bu üyelik fonksiyonları üçgen, yamuk, sinüsoid, gaussian, çan ve sigmoid tiplerinde olabilir. Yapılan çalışmada üçgen üyelik fonksiyonu kullanılmıştır [6].

BMD'nin bulanıklaştırma işleminin simulink modeli Şekil 3'de gösterilmiştir. Giriş uzayından gelen üyelik değerlerinin minimumları alınarak her kural için gerekli ağırlık katsayıları belirlenir.



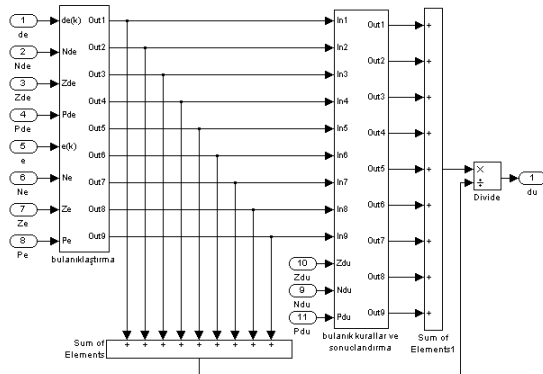
Şekil 3: Bulanıklaştırma işleminin simulink modeli.

Gerekli ağırlık katsayıları bulanıklaştırma ünitesinde belirlendikten sonra bu değerler çarpılmak üzere kuralların işlendiği kısma gönderilir. Bu yapı Şekil 4’de görülmektedir.

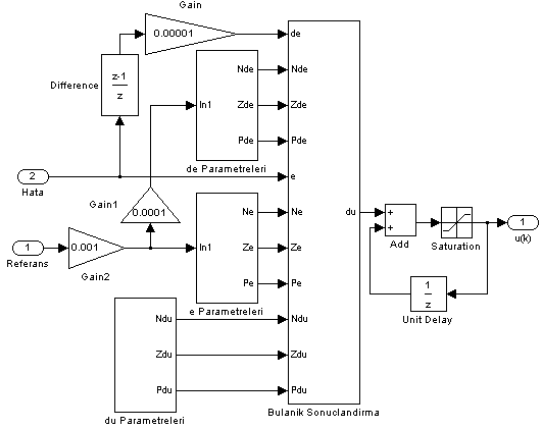


Şekil 4: Kuralların işlendiği kısım.

Durulaştırma ünitesi ise Şekil 5’de görüldüğü gibidir. Durulaştırma ünitesinde alanların merkezi yöntemi kullanılarak kesin değerler elde edilir. Bu kesin değerler denetleyicinin çıkışıdır.



Şekil 5: Durulaştırma işleminin simulink modeli.

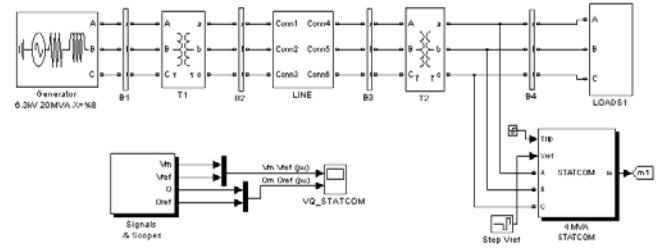


Şekil 6: Giriş ve çıkış değişkenleri ile BMD.

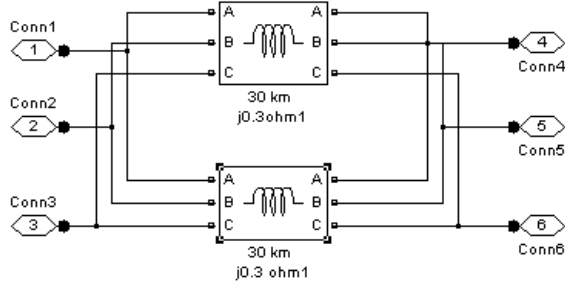
Şekil 6’da bulanık denetleyicinin giriş büyüklükleri ve kapalı blok diyagramı verilmektedir. Burada gerilim hatası ve bu hatadaki değişimden yola çıkılarak denetleme işlemi yapılmaktadır. Referans gerilim girişi bulanık üyelik fonksiyonlarının tanımlandığı kesin uzayın alt ve üst sınırlarını belirlemek üzere BMD bloğu içerisinde kullanılmaktadır. Bunun dışında gerilim hatası ve hatadaki değişim BMD’nin temelde iki kesin girişleridir. BMD’nin çıkışı ise kontrol işaretindeki değişimi vermektedir. Bu değişim bir önceki örneklemede kullanılan denetim işaretine eklenerek yeni denetim işareti elde edilmektedir. Yapılan bu son işlemle BMD’nin etkisi bir integral alıcının etkisine benzetilmiştir.[5,6]

2.4. Simülasyonu Yapılan Sistem

Simülasyonu yapılan sistem Şekil 7’de görülmektedir. Önerilen sistemde 20 MVA, 6.3 kV, 60 Hz’lik bir generatörün ürettiği güç iletim hattından yüklere aktarılmaktadır. Yük olarak 3 MW’lık bir ısıtıcı ile 1.4 MVA’lık RL yükü bulunmaktadır. Generatörden üretilen 6.3 kV’luk gerilim T1 trafosunda 35 kV değerine çıkarılmıştır. Daha sonra Şekil 8’de görüldüğü gibi iki adet 30 km lik paralel olarak bağlanmış hattan geçirilerek T2 trafosuna gönderilmiştir. Burada 35 kV’luk gerilim 3.5 kV değerine düşürülmektedir. STATCOM ise T2 trafosunun çıkışında yüklere paralel olarak bağlanmıştır.



Şekil 7: Simülasyonu yapılan sistem.

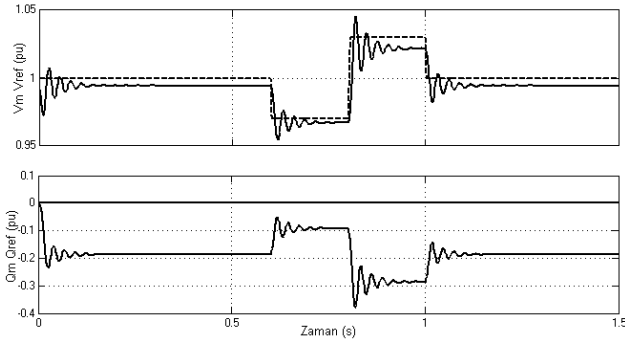


Şekil 8: İletim sistemi.

Sistemdeki STATCOM hem PI hemde BMD ile kontrol edilerek iki denetleyici kıyaslanmıştır. Kullanılan STATCOM bloğu Matlab/Simulink ortamındaki hazır blok olup bu bloğun içerisindeki AC gerilim regülatöründe PI denetleyici yerine BMD türü kontrolör kullanılmış ve kıyaslama yapılmıştır. Sistemde kullanılan BMD tamamen Matlab/Simulink ortamında modellenmiş ve STATCOM için geliştirilmiştir. Sistemin simülasyonu sırasında değişimleri daha iyi görebilmek için bir adet step fonksiyon bloğu kullanılmıştır. Taban değer olarak 1 pu değerine oturması istenen sistemin 0.6, 0.8 ve 1. saniyelerde referans değer sırasıyla 0.97, 1.03 ve 1 değerlerine değiştirilmiştir. Bu değişime göre sistemin tepkisi incelenmiştir.

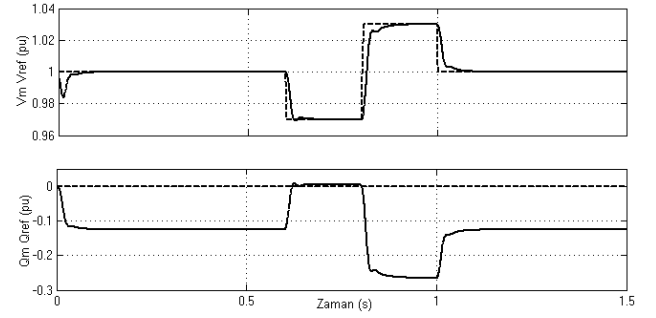
3. Sonuçlar

Şekil 9'da PI türü denetleyici kullanılarak yapılan kontrolden elde edilen sonuçlar görülmektedir. Yük üzerindeki gerilim ile referans gerilim değişimleri üst üste çizilmiştir. Ayrıca reaktif gücün değişimi de Şekil 9'da görülmektedir.



Şekil 9: PI denetleyicili sistemin gerilim ve reaktif güç değişimleri.

Şekil 10'da BMD türü denetleyici kullanılarak yapılan kontrolden elde edilen sonuçlar görülmektedir. Yine burada da aynı şekilde yük üzerindeki gerilim ile referans gerilim değişimleri üst üste çizilmiştir. Reaktif gücün değişimi de Şekil 10'da görülmektedir.



Şekil 10: BMD denetleyicili sistemin gerilim ve reaktif güç değişimleri.

4. Değerlendirme

PI denetleyici ile yapılan simülasyonda sistemde yük üzerindeki gerilimin 1 pu değerine oturmadığı görülmektedir. Aynı zamanda referans değişikliklerinde de PI denetleyici yeterli kontrolü yapamamaktadır. Sistemde salınımlar bulunmaktadır. Bu Şekil 9'da görülmektedir.

BMD denetleyici ile aynı sistem için yapılan simülasyonda ise yük üzerindeki gerilimin referans değere oturduğu ve referanstaki değişimlerden etkilenmediği görülmektedir. Ayrıca gerilimdeki salınımlar da giderilmiştir.

BMD denetleyicinin PI denetleyiciye göre çok daha iyi çalıştığı Şekil 9 ve Şekil 10 kıyaslandığında görülmektedir. Reaktif güç bakımından da BMD, sistemde kullanıldığında iyileşme gözlenmiştir.

5. Kaynaklar

- [1] A. Demirören, L. Zeynelgil, "Elektrik Enerji Sistemlerinin Kararlılığı Kontrolü ve Çalışması" Birsan Yayınevi, 2004.
- [2] N. G. Hingorani, L. Gyugyi, "Understanding Facts", IEEE Press, 2000.
- [3] M. S. El-Moursi, A. M. Sharaf, "Novel Controllers for the 48-Pulse VSC, STATCOM and SSSC for Voltage Regulation and Reactive Power Compensation", *IEEE Transactions on Power Systems*, vol.20 no.4, November 2005.
- [4] E. Deniz, S. Tuncer, M. T. Gençoğlu, "Statcom ile İletim Hatlarında Reaktif Güç Kompanzasyonu", *EVK'2007 Enerji Verimliliği ve Kalitesi Sempozyumu*, Kocaeli, s:189-193, 2007.
- [5] I. H. Altas and A. M. Sharaf, "A Generalized Direct Approach for Designing Fuzzy Logic Controllers in Matlab/Simulink GUI Environment", *International Journal of Information Technology and Intelligent Computing*, Int. J. IT&IC no.4 vol.1, 2007.
- [6] K. Yanmaz, İ. H. Altaş ve O. Ö. Mengi, "Çok Bölgeli Güç Sistemlerinde Yük Frekans Kontrolünün Bulanık Mantık Denetleyici ile Gerçekleştirilmesi", *Akıllı Sistemlerde Yenilikler ve Uygulamaları Sempozyumu - ASYU'08*, Isparta, s: 259-263, 2008.