

GERİLİM ÇÖKMELERİNİN ENERJİ KALİTESİNE ETKİSİNİN BULANIK MANTIK YARDIMIYLA İNCELENMESİ

Fuat KÜÇÜK

Ömer GÜL

Elektrik Mühendisliği Bölümü
Elektrik – Elektronik Fakültesi
İstanbul Teknik Üniversitesi, Maslak, İstanbul

fkucuk@elk.itu.edu.tr

gul@elk.itu.edu.tr

Anahtar Sözcükler: Enerji kalitesi, gerilim kalitesi, bulanık mantık, gerilim çökmesi

ÖZET

Bu çalışmada, şebekede meydana gelen gerilim çökmelerinin enerji kalitesine etkisinin bulanık mantık yardımıyla incelenmesi amaçlanmıştır.

Enerji kalitesi denildiğinde, genellikle şebeke geriliminin kalitesi anlaşılmaktadır. Gerilim kalitesini etkileyen nedenler içerisinde gerilim çökmelerinin önemli bir yeri vardır. Gerilim çökmelerinin en önemli sebepleri, büyük güçlü yüklerin ani olarak devreye alınması veya kısa devre olaylarıdır. Gerilim çökmeleri nedeniyle, hassas cihazlarda hatalı çalışma veya arızalar ortaya çıkabilmektedir.

Elektrik cihazlarının, ihtiyaç duydukları enerji kalitesi seviyesi çalışma karakteristiklerine göre değişmektedir. Bu nedenle, şebeke enerji kalitesi seviyesi bağlanacak cihazlar dikkate alınarak belirlenmelidir.

Yapılan çalışmada, gerilim çökmesine karşı duyarlı cihazlardan biri olan bilgisayar sistemlerinin ihtiyaç duydukları gerilim kalitesi seviyesi için CBMEA eğrisi esas alınmıştır. Gerilimin genlik değeri, çökme süresi ve sayısına bağlı olarak enerji kalitesi seviyesi bulanık mantık yardımı ile sayısal bir değer olarak ifade edilmiştir.

1. GİRİŞ

Enerji kalitesinin, birbirinden farklı tanımlamaları olmakla birlikte, genellikle şebeke geriliminin kalitesi olarak ele alınır [1]. Gerilim kalitesi, şebeke geriliminin efektif değerinin, frekansının ve biçiminin istenen aralıkta olması olarak anlaşılır. Şebekeye bağlı değişik karakterdeki yüklerin kaliteli enerji beklentisi farklı olabilmektedir. Şebekeler, enerji kirliliğine neden olan yükler ile kaliteli enerjiye ihtiyaç duyan yükler nedeniyle karmaşık ve dinamik bir yapıdadır. Yaygın olarak kullanılan güç elektroniği anahtarlama elemanları ve aydınlatma elemanları gibi nonlinear

yükler, ani olarak devreye alınan veya devreden çıkarılan büyük güçlü yükler ve kısa devre olayları enerji kalitesini azaltan nedenlerden birkaçıdır. Buna karşın, otomasyon ve bilgisayar sistemleri gibi hassas yüklerin artışı da kaliteli enerjiye olan ihtiyacı arttırmaktadır. Şebekede enerji kalitesini olumsuz etkileyen olaylardan başlıcaları gerilim çökmesi, kesinti, gerilim yükselmesi ve harmoniklerdir.

Enerji kalitesi ile ilgili yapılan pek çok çalışma ve hazırlanan standartlara rağmen [2], enerji kalite seviyesini sayısal bir değer olarak ifade edilmesi konusunda az sayıda çalışma yapılmıştır. Bunun sebepleri arasında, enerji kalitesinin bir çok değişkene bağlı olması, kesinlik içermemesi, matematiksel model oluşturulamaması, bazı bilgilerin tecrübeye dayalı olması sayılabilir. Bulanık mantık matematiğini kullanmak, bu tür durumlarda sonuca ulaşmak için iyi bir yöntemdir. Gerilim kalitesi seviyesini etkileyen olaylardan biri olan gerilim çökmesinin etkisi de bulanık mantıkla bulunabilir. Bu konuda yapılan çalışmalardan birinde, enerji kalitesinin değeri sadece bir gerilim çökmesi olayı için belirlenmiştir [3].

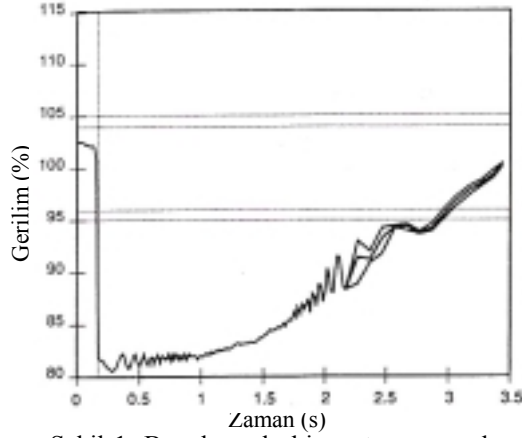
Bu çalışmada, gerilim çökmesinin enerji kalitesine etkisi, şebekede meydana gelen birden çok gerilim çökmesi dikkate alınarak incelenmiştir.

2. GERİLİM ÇÖKMESİ

Gerilim çökmesi, nominal frekanstaki şebeke gerilimi efektif değerinin (0.1 pu – 0.9 pu) kısa süreli düşmesi (0.5 – 30 periyot) olayına denir [1, 4]. Özellikle büyük güçlü motorların kısadevre gücü yetersiz şebekelerde devreye alınmasıyla veya anahtarlama elemanlarının şebekedeki kısadevre arızalarını geç açması nedenleriyle oluşur.

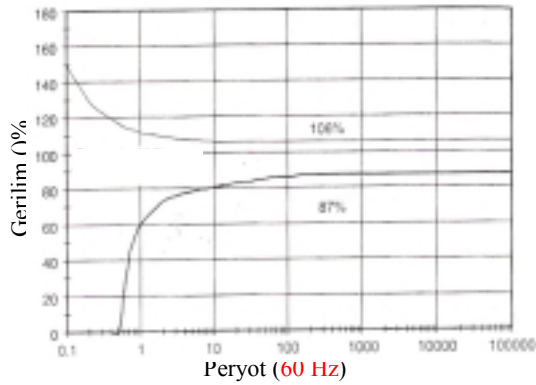
Sinüzoidal gerilimli bir şebekede efektif gerilim değeri, bir tam periyot veya yarım periyot için hesaplanır [5]. Büyük güçlü bir motorun kalkışı esnasında meydana gelen gerilim çökmesi Şekil 1' de

verilmiştir. Gerilim çökmesinin zamana göre değişimi, genellikle anma gerilimine oranlanıp yüzde olarak verilir.



Şekil 1. Büyük güçlü bir motorun meydana getirdiği gerilim çökmesi.

Bir gerilim çökmesinin, şebekeye bağlı diğer yükleri etkileyip etkilemediği, üretilen cihazların hatasız ve arızasız çalışma bölgelerine bakılarak bilinebilir. Bilgisayar tabanlı yükler için, gerilim değişiminin efektif değeri ve süresine göre güvenli çalışma bölgesi şekil 2' de verilmiştir [6]. CBEMA eğrisi de denilen bu eğri güvenli bölge ile güvensiz bölgeyi keskin bir şekilde ayırmaktadır. Gerçekte, güvenli ve güvensiz bölgeleri ayıran eğrilerin civarında bir belirsizlik vardır. Sınır eğrileri civarında hatalı çalışma olabileceği gibi hatasız çalışmaya da olabilmektedir. Gerilimin genlik ve süresine bağlı olarak eğrinin dışına çıkıp ilerledikçe, cihaz için gerilim kalitesi veya güvenilirliğinin düşeceği açıktır.



Şekil 2. CBEMA Eğrisi.

3. BULANIK MANTIK TEORİSİ

Klasik mantık teorisinde bir eleman bir kümeye aittir veya ait değildir. Kümeye ait olma 1 ile kümeye ait olmama 0 ile gösterilir. Arada başka bir seçenek yoktur. İkili sistem adı verilen bu yapı sayesinde teknoloji epeyce ileriye götürülmüştür.

Keskinlik içermeyen veya tecrübeye dayalı durumların matematiksel ifadesi ikili sistemde kolay değildir. Bu

gibi durumların üstesinden gelebilen bulanık mantık, ikili sistemin genişletilmiş hali olarak düşünülebilir [7,8].

Bulanık mantığın temel elemanı üyelik fonksiyonudur. Evrensel bir küme üzerinde tanımlı bir x değişkeninin A kümesine ait olma derecesini, [0,1] aralığında ifade edilen üyelik fonksiyonu belirler. x değişkeninin herhangi bir değeri tamamen A kümesine ait olabileceği gibi, üyelik fonksiyonunun belirlediği değere göre A kümesinin yanında B kümesine de ait olabilir.

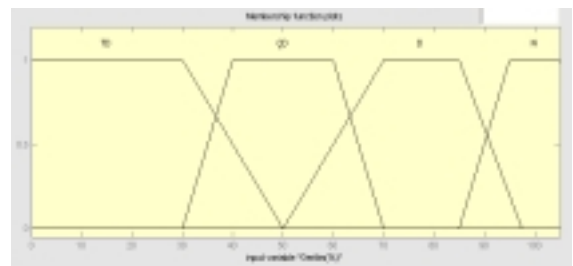
Üyelik fonksiyonlarının atandığı değişkenlerin birbirleriyle etkileşimleri If – Then kurallarıyla oluşturulur. If – Then kurallarının uygulanmasında, insanın karar verme sürecinden esinlenilmiştir. Her bir kuralın verdiği sonuç çıkışa paralel olarak etkir. Böylece kural sayısının yeterli olduğu bulanık mantık sistemlerinde, herhangi bir kuralda meydana gelebilecek hata, çıkışta büyük bir hataya neden olmaz.

4. GERİLİM KALİTE SEVİYESİNİN BELİRLENMESİ

Gerilim çökmesi, gerilimin genlik ve süresine bağlı olarak cihazların hatalı çalışmalarına neden olabileceği gibi incelenen süre içinde meydana gelme sıklığı da bu cihazların arızalanmasına neden olabilmektedir.

Bu çalışmada, şebekede meydana gelen gerilim çökmelerinin enerji kalitesine etkisini incelemek için, gerilim genlik ve süresi ile birlikte, meydana gelen her bir gerilim çökmesi olayının enerji kalitesi değeri belirlenmiştir. Ayrıca, incelenen süre içinde meydana gelen tüm gerilim çökmesi olaylarına göre de genel enerji kalitesi değeri hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar için bir program yazılmıştır. MATLAB' de yazılan bu programda, bulanık mantık kısmı için yine MATLAB/Fuzzy Toolbox' tan yararlanılmıştır.

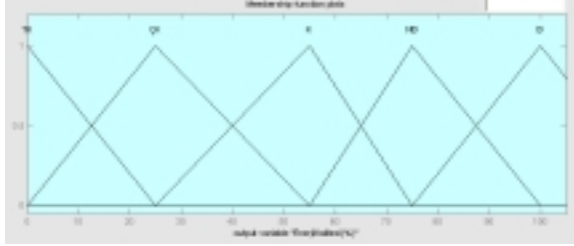
Her bir gerilim çökmesi olayı için, enerji kalitesinin bulanık mantıkla hesabında giriş için iki değişken ve çıkış için bir değişken kullanılmıştır. Giriş değişkenleri çökme sırasındaki ortalama gerilim ve çökme süresi, çıkış değişkeni ise yüzde enerji kalitesi değeridir. Gerilim efektif değeri için dört, incelenen süre için beş ve gerilim kalitesi için beş üyelik fonksiyonu kullanılmıştır (Şekil 2 ,3, 4).



Şekil 2. Gerilim çökmesi için üyelik fonksiyonları



Şekil 3. Gerilim çökme süresi için üyelik fonksiyonları



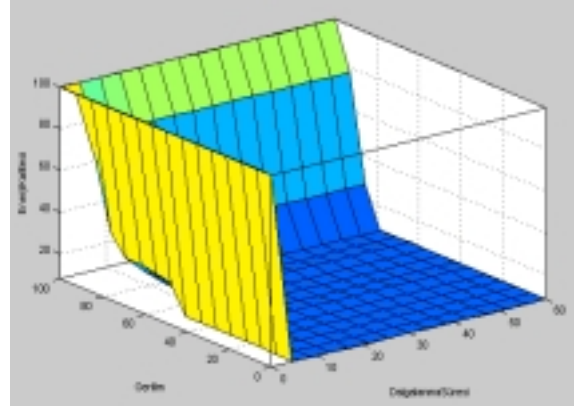
Şekil 4. Enerji kalitesi hesabı için kullanılan üyelik fonksiyonları

Gerilimin üyelik fonksiyonları, gerilim yüzde değeri için oluşturulmuştur. Yüzde değerler, incelenen şebeke geriliminin nominal değeri referans alınarak bulunmaktadır. Programın başında, incelenen şebeke geriliminin referans değeri girilmektedir. Böylece, incelenen şebeke geriliminin anma değeri değiştiğinde üyelik fonksiyonlarını tekrar düzenlemeye ihtiyaç yoktur. Sadece programın başındaki referans gerilim değerini değiştirmek yeterlidir. Ayrıca gerilim çökmesi için saniye, enerji kalitesi değeri için ise yüzde değer kullanılarak üyelik fonksiyonları oluşturulmuştur. Enerji kalitesi değerinin %100 olması, şebekenin enerji kalitesi bakımından ideal durumunu göstermektedir. Her bir üyelik fonksiyonunun anlamı Tablo 1’de belirtilmiştir.

Tablo 1. Kullanılan üyelik fonksiyonları ve anlamları

Giriş1 Gerilim (%)	Giriş 2 Süre (s)	Çıkış Enerji Kalitesi (%)
TD Tamamen düşük	TK Tamamen kısa	TK Tamamen kötü
ÇD Çok düşük	ÇK Çok kısa	ÇK Çok kötü
D Düşük	K Kısa	K Kötü
N Normal	U Uzun	NB Neredeyse başarılı
	ÇU Çok uzun	B Başarılı

Bulanık mantık işlemi için 20 if - then kuralı kullanılmıştır (Tablo 2). Üyelik fonksiyonları ve kurallar atanırken, CBEMA eğrisi ve pratik uygulamalardan elde edilen tecrübeler [9] göz önüne alınmıştır. Şekil 5’te, enerji kalitesinin gerilim çökmesi ve süresine bağlılığının üç boyutlu görüntüsü verilmiştir.

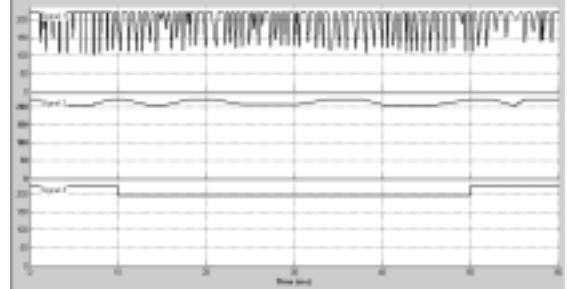


Şekil 5. Enerji kalitesi değişiminin yüzey görünümü

Tablo 2. Enerji kalitesinin belirlenmesini belirleyen kurallar

		Gerilim			
		TD	ÇD	D	N
Süre	TK	B	B	B	B
	ÇK	ÇK	K	NB	B
	K	TK	ÇK	K	B
	U	TK	TK	ÇK	B
	ÇU	TK	TK	TK	B

Şekil 6’da, enerji kalitesi incelenen gerilimlerin efektif değerlerinin zamana göre değişimleri verilmiştir.



Şekil 5. Enerji kalitesi incelenen gerilimler

Burada incelenen gerilimlerin seçiminde, gerçek bir elektrik şebekesinde meydana gelebilecek gerilim çökmeleri göz önünde bulundurulmuştur. Burada, şebekede meydana gelebilecek tüm gerilim çökmesi olaylarının verilmesinin imkansız olması nedeniyle birbirinden farklı biçimde meydana gelebilecek gerilim değişimlerinden sadece birkaçı ele alınmıştır.

Nominal gerilim değeri 220 V, inceleme aralığı olarak 60s seçilmiştir. İnceleme esnasında şebeke frekansının 50 Hz olduğu ve değişmediği, enerji kalitesine etki edecek diğer olayların olmadığı varsayılmıştır.

Yazılan programın saptadığı her bir gerilimin çökme sayısı ve genel enerji kalitesi değeri Tablo 3' te gösterilmiştir.

Tablo 3. İncenen gerilimlere ait çökme sayısı ve enerji kalitesi değeri.

İncelenen Gerilim	Gerilim Çökmesi Sayısı	Genel Enerji Kalitesi Değeri(%)
1	76	68
2	5	89
3	1	73

Gerilimlerin enerji kalitesi belirlenirken örnekleme aralığı 0.01 s olarak alınmıştır. Örnekleme aralığının artırılması sayesinde daha doğru bir sonuç alınabileceği açıktır. Fakat örnekleme aralığının küçültülmesi daha çok veri ile işlem yapmak demektir. Örnekleme aralığının büyük alınması durumunda ise bazı kısa süreli gerilim çökmeleri gözden kaçırılabilir ve çökme esnasındaki gerilim ortalama değeri hatalı hesaplanabilir. Bunun sonucunda da mevcut enerji kalitesi değerinden uzaklaşmış olur.

Şekil 6'da görüldüğü üzere üç değişik tipte gerilim çökmesi incelenmiştir. Bunlardan birincisinde kısa süreli fakat yüksek sayıda, ikincisinde uzun süreli fakat az az sayıda, üçüncüsünde ise uzun süreli fakat bir tane gerilim çökmesi bulunmaktadır. Tablo 3' teki enerji kalite değerlerinden ve incelenen gerilim değişimlerinden hareketle, çökme süresinin, gerilimin indiği değerden daha çok önemli olduğu anlaşılmaktadır. Üyelik fonksiyonları ve kural tablosuna bakıldığında da aynı değerlendirmeyi yapmanın mümkün olduğu görülebilir. Meydana gelen gerilim çökmesi olayında, gerilimin efektif değeri %10'a düşse bile çökme süresinin 0.01 s den küçük olması durumunda gerilim çökmesinin enerji kalitesi değerine bir etkisi olmamaktadır. Yani bu çökme olayından cihaz etkilenmemektedir. Bunun yanı sıra, gerilimin efektif değerinin şebeke gerilimine göre %5' ten küçük olması durumunda, çökme süresinin bir önemi olmamaktadır. Bu durum CBEMA eğrisi baz alınarak yapılan çalışmada geçerli bir durumdur. Farklı karakteristikteki cihazların, gerilim çökmesinin genlik ve süresine duyarlılığı da farklıdır. Örneğin, elektrik motor kontaktörleri, bir periyodluk süre içinde gerilim çökmesi değerinin %50'leri bulması durumunda bile normal çalışmasını devam ettirmektedir [1].

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan çalışmada, şebekede meydana gelen gerilim çökmelerinin enerji kalitesi seviyesine etkisi bulanık mantık yardımıyla incelenmiştir. Şebekede meydana gelen gerilim çökmelerinin enerji kalitesine etkisini incelemek için, gerilimin genlik ve süresi ile birlikte, meydana gelen her bir gerilim çökmesi olayının enerji kalitesi seviyesine etkisi hesaplanarak verilmiştir.

Gerilimin olarak 60 s lik bir zaman dilimi içerisinde izlenmiş ve örneklenmiştir. Üyelik fonksiyonları için CBMEA eğrisi ve pratik uygulamalardan elde edilen tecrübeler göz önünde bulundurulmuş, enerji kalitesi hesabında sadece gerilim çökmeleri ele alınmıştır.

Çalışmada, sadece enerji kalitesi ile ilgili bir değer bulunması amaçlanmıştır. İhtiyaç duyulması durumunda, bu değerler farklı alarm seviyelerine sınıflandırılabilir.

Gerilimi etkileyen diğer olayların da hesaba katılmasıyla enerji kalitesi hakkında daha gerçekçi sonuçlar bulunabilir. Ayrıca inceleme süresi de artırılıp saatlik, günlük, aylık veya yıllık bazda enerji kalitesi hesabına gidilebilir. Enerji kalitesinin hesaplanmasında farklı cihaz karakteristikleri için farklı üyelik fonksiyonları oluşturulabilir. Böylece, benzer bir çalışmayı enerji kalitesi seviyesine hassasiyeti farklı olan cihazların bulunduğu bir işletme için de yapmak mümkün olacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] Dugan R. C., Electrical Power Systems Quality, McGraw – Hill, 2002
- [2] Alves M. F., Ribeiro T. N., Voltage Sag: An Overview of IEC and IEEE Standarts and Application Criteria, IEEE Transmission and Contribution Conference, 1999, v.2, p.585
- [3] Bonatto B.D., Niimura T., A Fuzzy Logic Application to Represent Load Sensitivity to Voltage Sags, IEEE 8th International Conference on Harmonics and Quality of Power, 1998, v. 1, p. 60 – 64
- [4] IEEE recommended practice for evaluating electric power system compatibility with electronic process equipment, IEEE Standart 1346 – 1998
- [5] Bollen M. H. J., Understanding Power Quality Problems, IEEE Press, 2000
- [6] IEEE Recommended Practice for Emergency and Standby Power Systems for Industrial and Commercial Applications, IEEE Standart 4446 – 1995
- [7] Tanaka K., An Introduction to Fuzzy Logic for Practical Applications, Springer, 1997
- [8] Fuzzy Logic Toolbox User's Guide, 2002
- [9] Kennedy B. W., Power Quality Primer, McGraw – Hill, 2000,