

KISA SÜRELİ GERİLİM DÜŞMELERİNİN AZALTILMASINDA YEREL SANTRALLERİN ETKİSİ

A.Serdar YILMAZ¹

Ertan YANIKOĞLU²

T. Fedai ÇAVUŞ³

^{1,2,3}Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü
Mühendislik Fakültesi

Sakarya Üniversitesi, 54187, Esentepe, Sakarya

¹syilmaz@sakarya.edu.tr ²yanik@sakarya.edu.tr ³tcavus@sakarya.edu.tr

Anahtar sözcükler: Yerel elektrik santralleri(YES), kısa süreli gerilim düşümleri KSGD), gerilim kalitesi, dağıtım sistemleri

ABSTRACT

This paper presents the effects of embedded generators on performance of industrial distribution systems during the short duration voltage sags. Voltage sag is a serious power quality problem for distribution systems. It may cause outage and misoperation problems in sensitive equipments. It is mostly caused by remote faults and known as unexpected voltage reduction because of any faults anywhere the networks. It is shown that embedded or local generation units can decrease sag magnitude. This decreasing depends on location of generator and fault point.

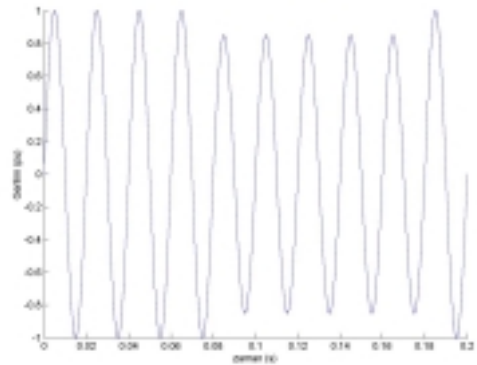
1. GİRİŞ

Elektrik dağıtım sistemlerinde meydana gelen enerji kalitesi sorunlarından biride kısa süreli oluşan gerilim düşmeleridir. Bu gerilim düşmeleri yarım periyot ile 1 dakika arasında sürebilmekte ve bu süreçte gerilim genliği 0.1-0.9 pu arasında değişebilmektedir [1].

Prencip olarak, her türlü gerilim düşümünün temel sebebi olarak akımda meydana gelen kısa süreli artışlar gösterilmektedir. Buna göre akım artışına yol açan her olay gerilim düşümlerinin sebepleri arasında yer alabilmektedir. Bu akım artışına en önemli üç neden olarak büyük güçlü motorların yol alması, transformatörlerin enerjilendirilmesi ve şebekede meydana gelen kısa devreler gösterilebilir [2,3]. Şekil 1'de kısa süreli gerilim düşümüne ait bir dalga şekli görülmektedir.

Söz konusu sebeplerden, kısa devrelerin neden olduğu gerilim düşümleri hem iletim ve dağıtım sistemi ve hem de tüketiciler açısından kesintilere ve ciddi problemlere yol açmaktadır. Bunun yanı sıra endüstriyel tüketicilerin bünyesinde bulunan büyük güçlü motorlara yol verilmesi sırasında yaşanan gerilim düşümleri de o endüstriyel tesis

içindeki cihaz ve yüklerde bir takım sorunlara yol açabilmektedir. Ne var ki motorların yol alması önceden bilinen ve önlem alınması mümkün olan bir olaydır ve etkileri azaltmak mümkündür. Asenkron motorlara yol verilmesi sırasında oluşan gerilim düşümlerinin süresi genellikle daha uzundur, fakat neden olduğu gerilim düşümü küçük ve tüketiciler için çok ciddi bir problem kaynağı değildir. Bununla birlikte kısa devre sonucu oluşan kısa süreli gerilim düşümleri hem beklenmedik ve hem de şiddetli olabilmektedir. Kısa devre kaynaklı gerilim düşümleri tüketiciler için önemli sorunlara yol açabilmektedir. Bunun yanı sıra iletim ve dağıtım sisteminde bulunan koruma sisteminin performansı ve koordinasyonu ile orantılı olarak arıza temizleme zamanının kısa olması sonucu olarak kısa devrelerin yol açtığı gerilim düşümleri daha kısa süre için sistemi ve tüketicileri etkilemektedir [4].

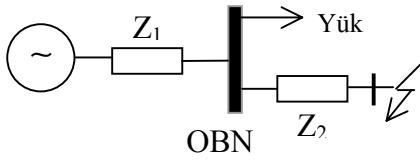


Şekil 1 Kısa süreli gerilim düşümü dalga şekli

Bu çalışmada dağıtım sistemlerinde meydana gelen kısa süreli gerilim düşümlerinin genliklerinin azaltılmasında yerel elektrik santrallerinin etkisi incelenmiştir. Yapılan incelemede Simpow [5] yazılımdan yararlanılmıştır.

2. DAĞITIM SİSTEMLERİNDE KSGD HESABI

Dağıtım sistemlerinde kullanılan radyal şebekelerde tek bir kaynaktan çeşitli kollara ve alt kollara ayrılan bir şebeke modeli kullanılmaktadır. Bu durumda sadece üretici ve tüketici arasındaki hatta meydana gelen kısa devre sonucu, beslenen tüketicide enerji kesintisi olurken, komşu fiderlerde gerilim düşümleri meydana gelmektedir. Radyal şebekelerde inceleme yapabilmek için Şekil 2'deki basitleştirilmiş gerilim bölücü devre modeli kullanılmaktadır.



Şekil 2 Basitleştirilmiş radyal dağıtım sistemi (gerilim bölücü devre)

$$V_{\text{sag}} = \frac{Z_2}{Z_1 + Z_2} \quad (1)$$

Aynı devrede bir faz toprak kısa devresi sonucu meydana gelen gerilim düşümünün hesaplanmasında RCV ve PNF faktörleri kullanılmaktadır. Bu faktörler Ek-1'de verilmektedir. Bu faktörler ile tek faz toprak kısa devresi sonucu oluşan gerilim düşümü aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

$$\bar{V}_a = \bar{V}_{\text{RCV}} \quad (2)$$

$$\bar{V}_b = -\frac{1}{2} \bar{V}_{\text{RCV}} - j \frac{\sqrt{3}}{2} \bar{V}_{\text{PNF}} \quad (3)$$

$$\bar{V}_c = -\frac{1}{2} \bar{V}_{\text{RCV}} + j \frac{\sqrt{3}}{2} \bar{V}_{\text{PNF}} \quad (4)$$

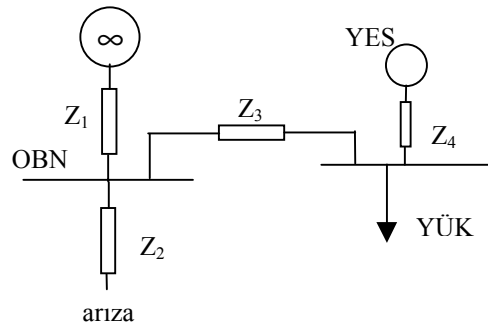
3. DAĞITIM SİSTEMLERİNDE YES'İN KSDG'LERİNE ETKİSİ

Günümüzde yaygın olarak enerji üretiminin yapıldığı büyük güçlü elektrik santrallerinin bulunduğu merkezi enerji üretimine alternatif olarak 1970'lerden sonra yaygınlaşan, dağıtım sistemine bağlı küçük güçlü santrallerde elektrik enerjisi üretimidir. Endüstriyel santraller, birleşik ısı-güç santrali, güneş, rüzgar gibi yenilenebilir kaynaklarla enerji üretimi, küçük su santralleri bu başlık altında incelenebilmektedir. Günümüzde doğal gazın ucuz bir enerji kaynağı olarak ortaya çıkması ile kojenerasyon santralleri ile fabrikaların

kendi enerji gereksinimini karşılaması yaygınlaşmıştır. Ülkemizde ise bu alanda son yıllarda artış görülmektedir. 2001 verilerine göre ülkemizdeki kojenerasyon santralleri kurulu gücü toplam gücün %10'una karşı gelmektedir. [6,7,8]

Dağıtım sistemlerindeki belirli yüklerin beslenmesinde kullanılan yerel santrallerin gerilim düşümünü hafifletmesi iki şekilde mümkündür. Bunlar beslenen şebekedeki arızalar ve sistemin geri kalan kısmındaki arızalar olarak ele alınabilir. Yerel santraller dağıtım sistemine bağlandıklarında beslenen yük tarafından bakıldığında dağıtım barasının arıza seviyesini yükseltir. Böylece dağıtım sisteminde meydana gelen kısa devrenin şebekenin geri kalan kısmına olan etkisini bir ölçüde azaltır yani arıza seviyesi artan şebeke, meydana gelen arızadan daha az etkilenir. Özellikle zayıf güç sistemlerinde arıza seviyesinin yükseltilmesinin gerilim düşümüne etkisi çok fazladır. Fakat kuvvetli sistemlerde, arıza seviyesi fazla arttırılmaz. Çünkü koruma cihazlarının izin verilen maksimum kısa devre akımı sınırlarını aşma riski vardır.

Yerel santraller ayrıca, sistemin geri kalanında meydana gelen arızalar sonucu oluşan gerilim düşümlerini de hafifletir. İletim sistemi ve dağıtım sistemin diğer bölümlerinde meydana gelen arızalar yükler açısından ciddi sorunlara yol açmaktadır. Arıza sırasında, generatör kendi yerel barasının gerilimini korumak için arızayı besler. Şekil 3'de verilen eşdeğer devre yardımıyla bu etkileri nitelikle mümkün [2]. Bu devre de bulunan Z_1 , OBN barasından görülen kaynak empedansı, Z_2 , arıza yeri ile OBN arasındaki empedansı, Z_3 , generatör barası ile OBN arasındaki empedansı ve son olarak Z_4 ise arıza sırasında (geçici hal empedansı) generatörün empedansını göstermektedir [9].



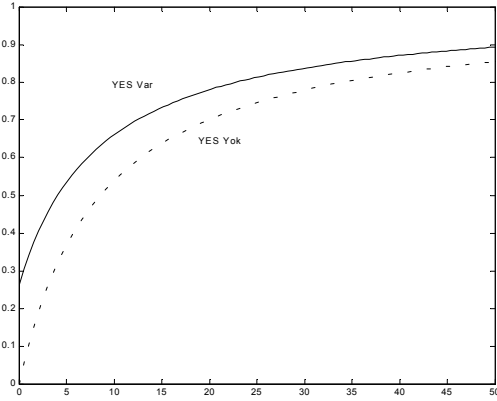
Şekil 3 Yerel santralin bulunduğu sistemin eşdeğer devresi

Generatörün bulunmadığı bir sistemde, yük gerilimi, OBN barasındaki gerilime eşit olmaktadır. Sisteme bir generatör ilave edildiğinde ise gerilim düşümü süresince yük gerilimi generatör barasındaki gerilime eşit olmaktadır Buna göre

generatör barasından görülen gerilim düşümü genliği aşağıdaki şekilde olacaktır.

$$(1 - V_{SAG}) = \frac{Z_4}{Z_3 + Z_4} (1 - V_{OBN}) \quad (5)$$

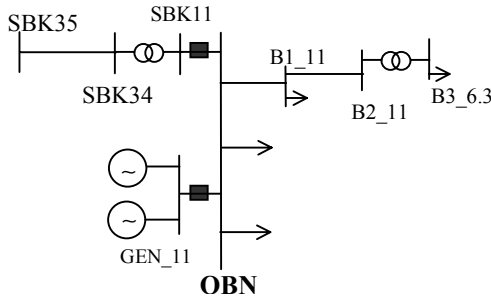
Generatör barasındaki gerilim azalması, OBN barasındaki azalmanın $Z_4/(Z_3+Z_4)$ katıdır. Böylelikle, generatör ile sistem arasındaki güç akışının daha zayıf olduğu bağlantılarda, OBN barasına olan mesafe (empedans) arttığında yada generatör empedansı daha büyük olduğunda yani daha büyük güçlü generatör bulunduğu gerilim azalması daha küçük olur. Şekil 4'te yerel santralin gerilim düşümüne etkisinin arıza yerine bağlı olarak değişimi verilmektedir.



Şekil 4. YES'in Gerilim Düşümüne Etkisi

4. ÖRNEK SİSTEM BENZETİMLERİ

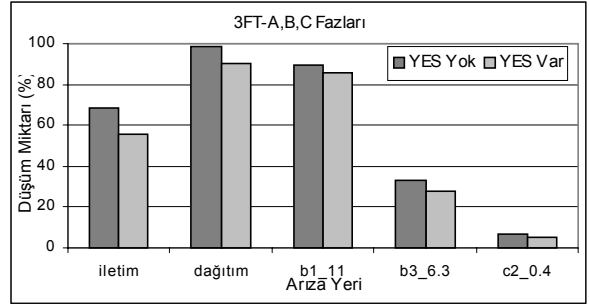
Bu bölümde önceki bölümlerde anlatılan sonuçların gerçekleştirilen benzetimler ile de doğrulanması amaçlanmıştır. Bu amaçla Şekil 5'te tek hat şeması verilen örnek sistem ele alınmıştır. Bu sisteme ait parametreler Ek-2'de verilmiştir.



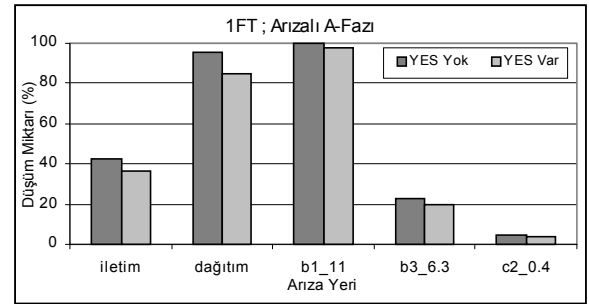
Şekil 5. Örnek Sistem Tek Hat Şeması

İlk olarak örnek sistemde değişik noktalarda meydana gelen kısa devrelerin OBN barası üzerinde meydana getirdiği gerilim düşümü miktarına yerel santrallerin etkisi incelenmiştir. Yapılan benzetimlerde hem simetrik ve hem de asimetrik

arızalarda generatörlerin arıza yerine bağlı olarak %5 ile %20 arasında bir iyileştirmeye neden olduğu gözlenmiştir.



Şekil 6. Farklı Yerlerdeki Arızalarda YES in Etkisi

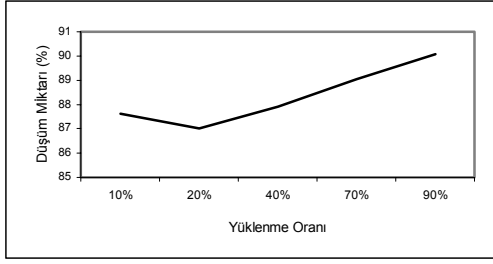


Şekil 7. Farklı Yerlerdeki Arızalarda YES in Etkisi

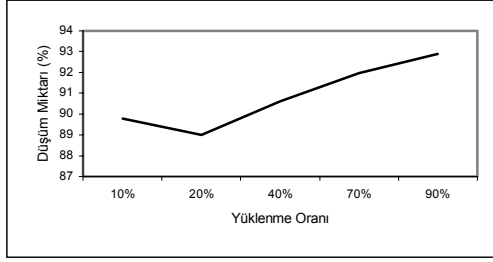
Ancak arıza generatör barasında çok yakın olduğunda yani meydana getirdiği düşme %90 civarında olduğu durumlarda (B1_11 barası) generatörün arızayı beslemesi sonucu istenen düzelleme gerçekleşmemiştir. Ancak şiddeti daha düşük olan arızalarda generatör daha fazla iyileştirme gerçekleştirmiştir.

Ancak yerel santrallerdeki generatörlerin bu duruma katkısı generatör anma yükü ve yüklenme oranına bağlıdır. Çünkü özellikle asenkron motor ağırlıklı yüklerde gerilim düşümü sırasında ve sonrasında çekilen yüksek reaktif güç generatörleri zorlamaktadır. Yukarıdaki benzetimlerde iki generatörün OBN'den çekilen toplam aktif gücün yarısını karşılamakta ve güç faktörü 0.95 endüktif olarak seçilmiştir.

Yerel generatörlerin kendi anma yüküne göre yüklenme oranı ile gerilim düşümü arasındaki ilişki Şekil 8 ve 9'daki iki farklı arıza durumu için verilmektedir. Bu iki eğriden görüldüğü gibi generatörün yüklenme oranı arttıkça gerilim düşümünün azaltılmasına etkisi azalma göstermektedir.

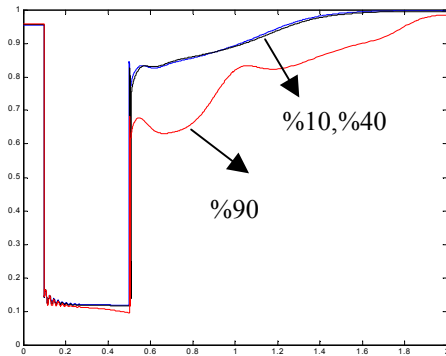


Şekil 8 Yükleme Oranı Gerilim Düşümü İlişkisi (B1_11 barasındaki 3FT kısa devresi)



Şekil 9 Yükleme Oranı Gerilim Düşümü İlişkisi (34.5 kV hattın ortasındaki 3FT kısa devresi)

Yükleme oranının %10,%40 ve %90 olduğu durumlarda ve B1_11 barasındaki 3 fazlı simetrik kısa devrenin yol açtığı gerilim düşümünün beslenen endüstriyel tesis içinde bulunan 11 kV motorlarının uç geriliminde meydana getirdiği etki aşağıda görülmektedir. Bu eğriden görüldüğü gibi %90'lık durumda arıza sonrasında generatör bara gerilimleri ile motor hızlarının toparlanmasının çok geç sona ermektedir. Çünkü zaten sınıra çok yakın generatörler arıza sonrası dönemde asenkron motorlar tarafından çekilen yüksek reaktif gücü karşılamakta zorlanmaktadır.



Şekil 10. Motor Uç Geriliminde Oluşan Gerilim Düşmesi

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada endüstriyel dağıtım sistemlerinde karşılaşılan enerji kalitesi problemlerinden biri olan kısa süreli gerilim düşmeleri incelenmiştir. Bu tür sistemlerde yaygın bir kullanım alanına sahip olan

yerel santrallerin bu gerilim düşmelerini azaltmadaki rolü yapılan bilgisayar benzetimleri ile açıklanmıştır.

Endüstriyel sistemlerde bulunan hassas cihazların gerilim düşümü açısından dayanabildiği kritik noktalar, aynı zamanda söz konusu sistemlerde enerji kalitesi açısından kritik değeri ifade etmektedir. Bu çalışmada söz konusu kritik değerlerden, yerel santraller ile uzaklaşılma hedeflenmiştir. Yapılan incelemeler, yerel santrallerin %5-%20 civarında iyileştirici etki yapabileceğini ancak bunun belirli kısıtlamalara göre elde edilebileceğini göstermiştir.

KAYNAKLAR

- [1] IEEE Std 1159-1995, IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality.
- [2] Bollen M.H.J., Understanding Power Quality Problems : Voltage Sags and Interruptions, IEEE Press Series on Power Engineering, 2000.
- [3] Bollen, M.H.J., Voltage Sags in Three Phase Systems, IEEE Power Engineering Review, Vol. 21, No.9, pp.8-11, Sept. 2001.
- [4] Yılmaz, A.S., Kısa Süreli Gerilim Düşümlerinin Endüstriyel Dağıtım Sistemlerine Etkilerinin İncelenmesi, Doktora tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2002.
- [5] SIMPOW User Manual, Rev 99-09, ABB Power Systems, Vasteras, Sweden.
- [6] Usta, Ö., Erdoğan, Z., Bayrak, M., Yerel Elektrik Santrallerinde Koruma ve Kontrol Problemleri, Elektrik Müh. 6.Ulusal Kongresi, Bursa, 1995.
- [7] Türkiye Kojenerasyon ve Otoprodüktör Üreticileri Derneği Web Sayfası [<http://www.kojenerasyon.com>]
- [8] Jenkins, N., ve diğerleri, Embedded Generation, IEE Power and Energy Series, No :31, UK, 2000.
- [9] Bollen, M.H.J., Fast Assessment Methods for Voltage Dips (Sags) in Power Systems, IEEE Trans on Ind.Appl. V.32, N.6, pp.1414-1423, Nov/Dec 1996.

EK-1

RCV (Artan Kompleks Gerilim) Faktörü:

$$\bar{V}_{RCV} = \frac{Z_{10} + (2.Z_{21} + Z_{20})}{(2.Z_{21} + Z_{20}) + (2.Z_{11} + Z_{10})}$$

PNF (Pozitif-Negatif) Faktörü :

$$\bar{V}_{PNF} = 1 + \frac{Z_{12} - Z_{11}}{(Z_{11} + Z_{12} + Z_{10}) + (Z_{21} + Z_{22} + Z_{20})}$$

EK-2

Örnek Sistem :

Hat Empedansları :

Baradan	Baraya	R (pu)	X(pu)
SBK35	SBK34	0.002	0.03
SBK11	OBN	0.0001	0.0001
OBN	B1 11	0.0048	0.02
B1 11	B2 11	0.0024	0.01

Transformatör Parametreleri :

P	S	S (MVA)	U _P (kV)	U _S (kV)	X (pu)
SBK34	SBK11	50	34.5	11,7	0.05
B2	B3	10	11,7	6.3	0.035

Generatör Parametreleri :

	Gen1-Gen2
U _N kV	11
S _N MVA	20
x _d pu	1.8
x _q pu	1.7
x _d ' pu	0.3
x _q ' pu	0.55
x _d '' pu	0.25
x _q '' pu	0.25
T _{d0} sn	8