



Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi

Araştırma Makalesi

Dağıtım Sisteminde Harmonik Analizi ve Etkilerinin Dağıtılmış Üretim Kullanılarak Azaltılması

Açelya PEKER ^{a,*}, Nuran YÖRÜKEREN ^b, Ayşen Basa ARSOY ^c

^{a,b,c} *Elektrik Mühendisliği Bölümü, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, TÜRKİYE*

** Sorumlu yazarın e-posta adresi: *acelya_peker_@hotmail.com*

ÖZET

Güç kalitesi problemleri standart olmayan akım, gerilim ve frekans nedeniyle oluşmaktadır. Bu sorunu çözmek için güç kalitesini artırıcı yöntemler tavsiye edilir. Bu çalışmada, farklı parametreleri değiştirilen dağıtılmış üretim kaynaklarının sistemin gerilim-akım harmonikleri ve çeşitli güç kalitesi indisleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Bu analizlerde dağıtılmış üretim kaynağının dağıtım sistemi üzerindeki yeri, gücü, tekil ya da dağıtılmış olması durumları değişken parametreler olarak tanımlanmıştır ve çalışmada Digsilent Power Factory programı kullanılmıştır. IEEE 13 baralı dengeli bir test sistemi üzerinde dağıtılmış üretimden önce ve sonra elde edilen çeşitli güç kalitesi indislerini karşılaştırmak amacıyla sistemde harmonik analizleri yapılmış, harmonik etkilerin azaltılması DÜK'lerin simülasyonu ile gerçekleştirilmiştir. Simülasyon çalışması sonucunda en iyi performansın DÜK'lerin doğrusal olmayan yük baralarının yanına yerleştirilmesi ile elde edildiği görülmüştür. Aynı zamanda dağıtılmış üretim kaynaklarının gücünün artması hem sistemin geriliminde hem de güç kalitesi indislerinde bir iyileşme sağlamıştır. Akım harmoniklerindeki değişimlerin ise hatlardaki akımlara paralel olarak değişiklik gösterdiği gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: DÜK, PQ, Güç kalitesi, Harmonik, Harmonik Analizi, Simülasyon

The Harmonic Analysis and Harmonic Impacts Mitigation in Distribution System Using Distributed Generation

ABSTRACT

The power quality problem occurs due to non-standart current, voltage or frequency. The measures that can improve the quality of the power are recommended for solve this problem. In this study presents the impact of DG diffrent parameters on distribution systems, in terms of voltage-current harmonic and some power quality indices. Test systems are simulated using the simulation tool of Powerfactory-Digsilent while changing the location, size and penetration level of DG in the system. IEEE 13-buses balanced distribution system is considered for analysis of harmonics. The analysis purpose, obtained before using distributed generation and then to compare the various power quality indices. Reduction of harmonics is performed by simulation using distributed generation. The simulation study shows the best performance of the distributed generation placement near the non-linear load buses. In addition, The increased power of distributed generation sources has enabled an improvement in the both the system voltage and power quality indices. The current harmonics has changed parallel to the line currents.

Keywords: DG, PQ, Power Quality, Harmonics, Harmonic Analysis, Simulation

I. GİRİŞ

Büyük güçlü santraller; yüksek maliyeti, kurulum süresi, coğrafi sorunları ve en önemlisi de bürokratik süreçlerin uzunluğundan dolayı tercih edilmemekte, bundan dolayı yüke yakın yerlerde küçük güçlerde santraller kurulması yavaş yavaş benimsenmekte ve geleneksel enerji üretiminden ayırt edilebilmek amacıyla dağıtılmış üretim adını almaktadır. [1]

Dağıtılmış üretim, alçak gerilim (AG) ya da orta gerilim (OG) seviyesinde (0,4-36kV) yapılan ve şebeke ile paralel veya şebekeden bağımsız olarak çalışan elektrik enerjisi üretimi ve enerji depolamasıdır. Dağıtılmış üretim uygulamaları küçük gaz türbinleri, mikro türbinler, yakıt pilleri, rüzgar ve güneş gibi enerji kaynaklarını içermektedir.[2] Dağıtılmış üretimin güç kalitesi üzerindeki etkisi dağıtılmış üretimin tipine bağlıdır. Bunlar; dağıtılmış üretim biriminin büyüklüğü, sisteme bağlı dağıtılmış üretim kaynağının toplam kapasitesi, besleyici gerilim regülasyonu uygulamaları olarak belirtilmiştir. [3]

Dağıtılmış üretim sisteminin kullanılmasının iletim şebekesinin az yüklenmesi, iletim ve dağıtım sistemi kayıplarının azaltılması, güvenilirlik ve güç kalitesinin ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artması gibi konularda elektrik şebekesine fayda sağlamaktadır. Bu çalışmada , dağıtılmış üretim kullanımının sistemin güç kalitesine olan etkileri incelenmektedir. IEEE 13 baralı dengeli bir dağıtım sistemi test sistemi olarak incelenmiş, harmonikli bir yük tanımlanarak sistemin harmonik analizi yapılmıştır. Bunun sonucu olarak DÜK' ler kullanılarak akım ve gerilim harmoniklerinin azaltılması amaçlanmış bazı güç kalitesi indislerinin değişimi gözlemlenmiştir. Bunu yaparken dağıtılmış üretim kaynağının yeri, gücü ve tekil ya da dağıtılmış olması durumları değişken parametreler olarak alınmıştır. Dağıtılmış üretim ve güç kalitesi hakkında kısa bir bilgi verilmiş, test sistemi tanıtılmış, Powerfactory Digsilent simülasyon programında yapılan farklı durumlar için harmonik analizlerinin sonuçları tablolar ve grafikler şeklinde yorumlanmıştır. Tüm değerlendirmeler sonuç bölümünde özetlenmiştir.

II. GÜÇ KALİTESİ

Güç kalitesi kavramına dair pek çok tanım bulunmaktadır. Bunların içerisinde en iyi ifade, bir güç sisteminde belirli bir bölgede ve belirli bir zamanda akım ve gerilimi karakterize eden elektromanyetik olaylar bütünü olarak tanımlanan ifade şeklindedir.

Güç kalitesi ile gerilim kalitesi çoğu kez aynı anlamda kullanılmakla birlikte, akım dalga şeklindeki bozulmalar da güç kalitesi problemleri arasında sayılmaktadır. Akım ve gerilim dalga şeklinin ideal olarak saf sinüs formunda yani frekansının ve genliğinin istenen değerlerde sabit olması, güç kalitesi olayları için çıkış noktasıdır. Genlikte ve frekansta meydana gelen sürekli ya da geçici tüm değişimler güç kalitesi kapsamında değerlendirilir. Aşağıda verilen alt başlıklarda incelenen bazı PQ değişim indislerine yer verilmiştir.

A. GERİLİM DEĞİŞİM İNDİSİ

Bir baradaki gerilim düşümü indisi aşağıdaki gibi tanımlanmıştır.

VDA_{NO_DG} : Dağıtılmış üretim kurulmadan önce baradaki gerilimin genliği

VDA_{DG} : Dağıtılmış üretim kurulduktan sonra baradaki gerilimin genliği

VDA_V : Gerilim değişim indisi olmak üzere

$$VDA_V = \frac{VDA_{NO_{DG}} - VDA_{DG}}{VDA_{NO_{DG}}} \cdot 100 \quad (1)$$

B. YÜK BARALARINDAKİ TOPLAM HARMONİK BOZULMA İNDİSİ

Yük baralarındaki toplam harmonik bozulma indisi aşağıdaki gibi tanımlanmıştır.

w_k : k. baranın ağırlık faktörü (bara yükünün sistemin toplam yüküne bölünmesi ile bulunur)

M : Yük barası sayısı

THD_k : k. baradaki toplam harmonik bozulma indisi olmak üzere

$$STHD = \frac{\sum_{k=1}^M w_k \cdot THD_k}{\sum_{k=1}^M w_k} \quad (2)$$

Yukarıda açıklandığı gibi sistem indisleri hesaplandıktan sonra dağıtılmış üretimin bu indislere etkisi aşağıdaki gibi bulunur.

$$STHD_V = \frac{STHD_{NO_{DG}} - STHD_{DG}}{STHD_{NO_{DG}}} \cdot 100 \quad (3)$$

C. NORMALLEŞTİRİLMİŞ PQ DEĞİŞİM İNDİSİ

DÜ içeren sistemlerde, DÜ gücünün güç kalitesine etkisini incelemek için normalleştirilmiş güç kalitesi indisi NPQI kullanılır.

$X_{NO_{DG}}$: Dağıtılmış üretim kurulmadan önce tekil veya sistem X indisi

X_{DG} : Dağıtılmış üretim kurulduktan sonra tekil veya sistem X indisi

PG : Dağıtılmış üretimin toplam gücü olmak üzere normalleştirilmiş PQ X değişim indisi NPQ_Vx aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$NPQ_{Vx} = \frac{X_{NO_{DG}} - X_{DG}}{X_{NO_{DG}} \cdot PG} \cdot 100 \quad (4)$$

III. DAĞITILMIŞ ÜRETİM KAYNAKLARI (DÜK)

Dük'ler öncelikle kullanım noktasına yakın yerleştirilen enerji üretim ve depolama sistemlerinden oluşmaktadır. Dağıtılmış enerji yakıt pilleri, mikro türbinler, pistonlu motorlar, yük azaltma ve diğer enerji yönetimlerini kapsamaktadır. Dük'ler iletim hatlarındaki aşırı yüklenmeleri azaltma, enerji güvenliğini güçlendirme, elektrik şebekesini daha kararlı hale getirme ve fiyat dalgalanmalarını kontrol etme potansiyeline sahiptirler.

Genel olarak DÜK' nın yapısı, bağlantı teknolojileri ve kullanım amaçları gereği sisteme reaktif güç vermezler. Senkron generatör kullanıldığı durumlarda ise kontrol modu olarak gerilim ve güç katsayısı kontrollü kullanılabilir. Bu nedenle gerilim kontrolü için 1 pu , güç kat sayısı kontrolü için 1 değerinde sabit tutularak simülasyonlar yapılmaktadır. [4] IEEE standardı gereği dağıtılmış üretim kaynaklarının gerilim regülasyonunda aktif rol almaması gerektiği belirtildiği için, bu çalışmada güç katsayısı kontrollü senkron generatörler kullanılmıştır.

IV. HARMONİK ANALİZİ

Harmonik distorsiyonu olarak anılan ve enerji sistemlerindeki harmonik bileşenler sonucu meydana gelen harmonik kirliliği, özellikle güç elektroniği elemanlarının yaygın kullanımı ile giderek artış göstermektedir. Bu distorsiyonun sonucu oluşan problemlerin giderilebilmesi için harmonik sınırlamanın yapılması gereği ortaya çıkmıştır. Bu nedenle elektrik enerjisindeki harmonik kirliliği bazı ülkelerce sınırlandırılmış (Tablo 1'de görüldüğü gibi)ve güç kalitesinin artması hedeflenmiştir.[5]

Gerek akımlar gerekse gerilimler için THD (toplam harmonik distorsiyon), HD (harmonik distorsiyon) değerlerine ilişkin maksimum değerleri standartlaştırmak ve dolayısıyla harmonik bileşenlerin sınırlandırılması, sistemde harmoniklerin oluşturdukları ek kayıpların azaltılması, sistemdeki elemanların tam kapasite ile kullanılması ve meydana getirdikleri zorlanma ve arızaların giderilmesi bakımından son derece gereklidir.[5]

Toplam harmonik bozulma gerilim için;

$$THD_V = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} V_n^2}}{V_1} \quad (5)$$

Toplam harmonik bozulma akım için;

$$THD_I = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} I_n^2}}{I_1} \quad (6)$$

n. harmonik mertebesindeki gerilim ve akım için tekil harmonik distorsiyonları sırasıyla aşağıdaki gibi tanımlanır.

$$HD_V = \frac{V_n}{V_1} \quad (7)$$

$$HD_I = \frac{I_n}{I_1} \quad (8)$$

Tablo 1. IEEE Gerilim için harmonik distorsiyon sınırları

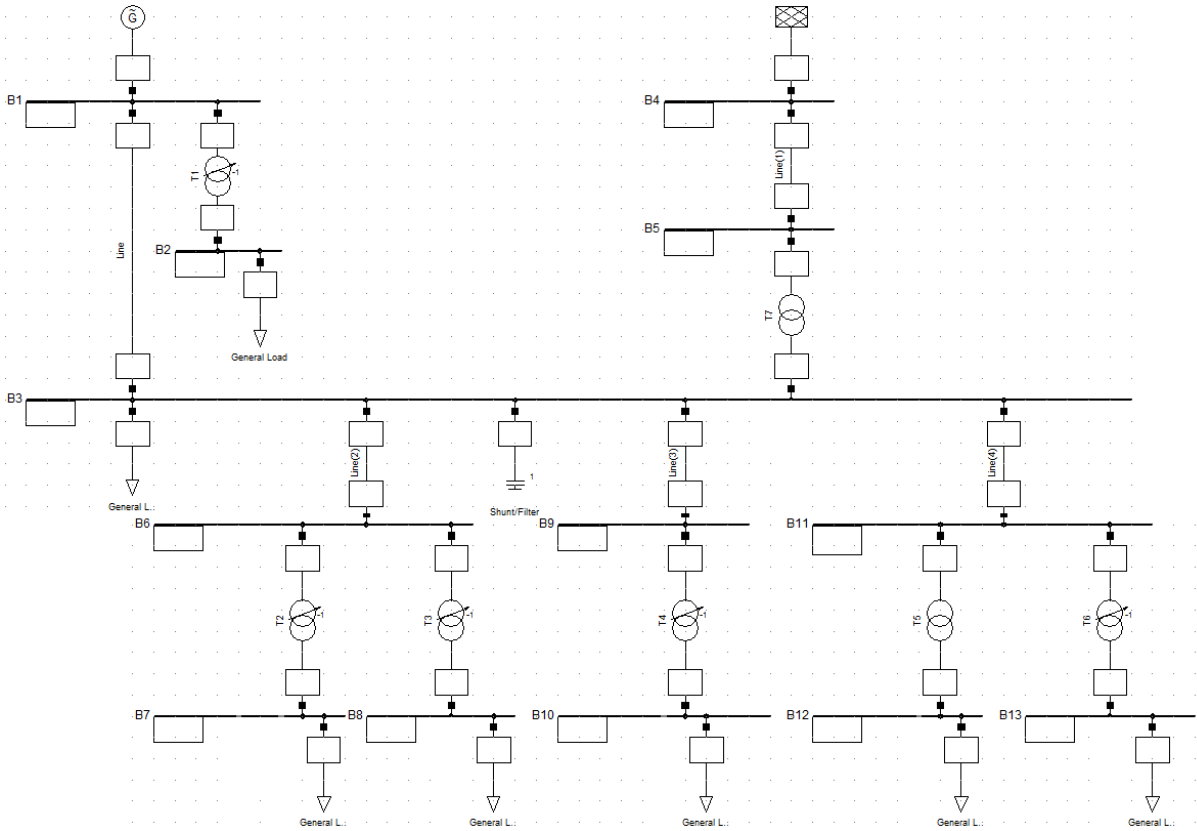
Bara Gerilimi (V_n)	Tekil Harmonik Büyüklüğü (%)	Toplam Harmonik Distorsiyonu THD_{V_n} (%)
$V_n \leq 69kV$	3,0	5,0

$69\text{kV} < V_n \leq 161\text{kV}$	1,5	2,5
$V_n > 161$	1,0	1,5

Tablo 1’ de verilen değerler [6]’ dan alınmıştır. Gelecekte enerji sistemlerinde harmonik problemlerinin daha da artacağı göz önünde bulundurularak, nonlinear yükler içeren tesislerin tasarım aşamasında düşük seviyede harmonik üretmesi için gerekli önlemleri alması zorunludur.

V. TEST SİSTEMİ

Harmonik analizi için yapılan simülasyon çalışması, Şekil 1.’deki IEEE 13 baralı dengeli endüstriyel test sistemi üzerinde incelenmiştir.



Şekil 1. IEEE 13 baralı dengeli endüstriyel test sistemi

Test sistemi, sistem verileri, harmonikli yük verileri [6] dan alınmıştır. Harmonikli yük B7 isimli baraya bağlanmış olup THD, HD indislerinin belirli baralar için gerilim değerleri belirli hatlar için ise akım değerleri program tarafından harmonik analizi yapılarak belirlenmiştir. Bu değerleri azaltıp belirlenen standartlara yaklaştırma işlemi ise sisteme çeşitli parametrelerde DÜK kaynakları bağlanarak yapılmıştır ve ayrıca grafik ve tablo şeklinde gösterilmiştir. Farklı parametrelerde DÜK kullanılmasının nedeni, dağıtılmış üretim kaynağının yeri, gücü ve tekil ya da dağıtılmış olması

durumlarında THD, HD'nin gerilim ve akım değerlerini nasıl etkilediğini görüp en iyi koşulu elde etmek içindir.

VI. SİMÜLASYON SONUÇLARI

Bu çalışmada , üç farklı senaryo düşünülerek bu koşullar altında sistemin durumu değerlendirilmiştir.

- Durum1: B7 isimli baraya 2,5 MW gücünde DÜK bağlanmıştır.
- Durum2: B7, B8, B10, B12, B13 numaralı baraların her birine 0,5MW gücünde DÜK bağlanmıştır (2,5 MW lık tek bir kaynak yerine 0,5MW lık 5 adet kaynak AG tüketici baralarına bağlanmıştır.)
- Durum3: B3 numaralı baraya 3MW gücünde DÜK bağlanmıştır.

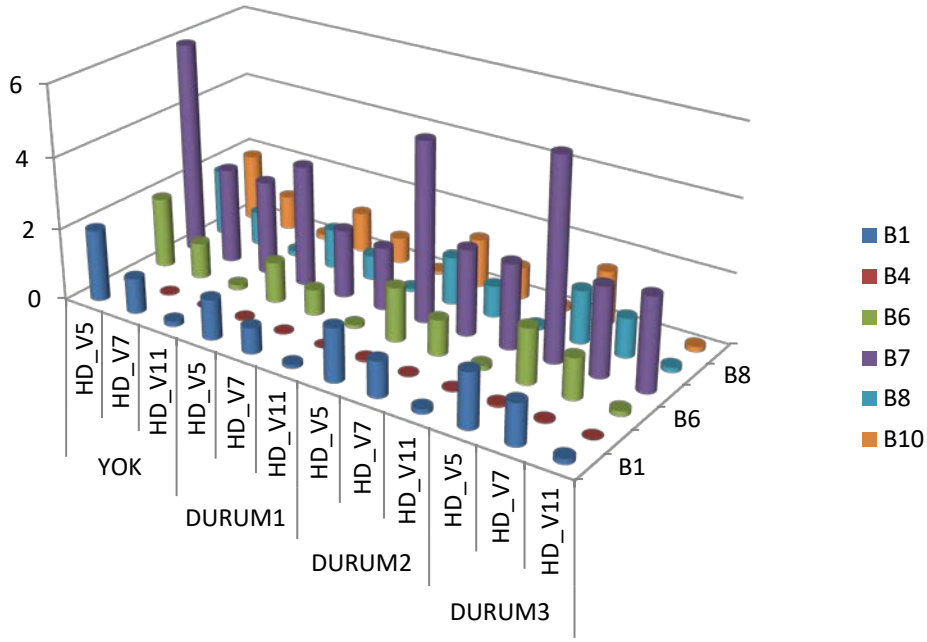
Dağıtılmış enerji kaynaklarının genel olarak sistem yükünün %25-30' u civarında alındığı düşünülürse ve bizim sisteminizin aktif gücünün 9280 MW olduğu göz önüne alındığında ,bağlanması gereken dağıtılmış enerji gücü 2,5-3 MW olarak seçilmiştir. Test sistemi üzerinde hem ana şebekeye yakın hem de harmonik kaynağı ve DÜK yerleşimlerine yakın baralar olan B1, B4, B6, B7, B8, B10 numaralı baraların V5 (5. Harmonik), V7 (7. Harmonik), V11 (11. Harmonik) değerleri yukarıdaki durumlar için karşılaştırılarak Tablo 2' de gösterilmiştir.

Tablo2. Farklı durumlar için baralardaki tekil harmonik gerilim bozulmaları

DÜK DURUM U	TEMEL DURUM			DURUM1			DURUM2			DURUM3		
	HD_V 5	HD_V 7	HD_V 11	HD_V 5	HD_V 7	HD_V 11	HD_V 5	HD_V 7	HD_V 11	HD_V 5	HD_V 7	HD_V 11
B1	1,944	0,996	0,147	1,071	0,689	0,095	1,451	0,98	0,133	1,512	1,128	0,147
B4	0,077	0,029	0,003	0,043	0,02	0,002	0,058	0,029	0,003	0,061	0,033	0,003
B6	1,96	0,991	0,143	1,079	0,686	0,092	1,463	0,975	0,129	1,526	1,123	0,143
B7	5,796	2,5	2,497	2,976	1,628	1,508	4,661	2,153	2,178	5,256	2,273	2,422
B8	1,885	0,951	0,137	1,039	0,659	0,088	1,289	0,858	0,113	1,468	1,079	0,138
B10	1,907	0,973	0,144	1,051	0,674	0,093	1,288	0,867	0,118	1,484	1,102	0,144

* Tablo 2' de kırmızı ile yazılan tekil harmonik değerleri, IEEE gerilim harmonik distorsiyon sınırlarının dışındadır.

Tablo 2' den de anlaşılacağı gibi, DÜK'ler sistemde non-lineer yüke yakın yerlere yerleştirildiğinde ve tekil olduğunda HD_V değerlerinde en fazla azalma ve aynı gücü 5 ayrı baraya paylaştırarak dağıttığımızda da harmonik gerilim bozulmalarında düşme görülmüştür. Gücü biraz daha arttırıp şebekeye yakın B3 numaralı baraya tekil DÜK bağladığımızda, sistemde harmonik azalmalar gözlemlenmiş fakat bu durumda HD_V değerlerimiz istediğimiz standart aralığına gelememiştir. Tablo 2 de üç ayrı durum için verilen değerler , Şekil 2'de grafik olarak gösterilmiştir.

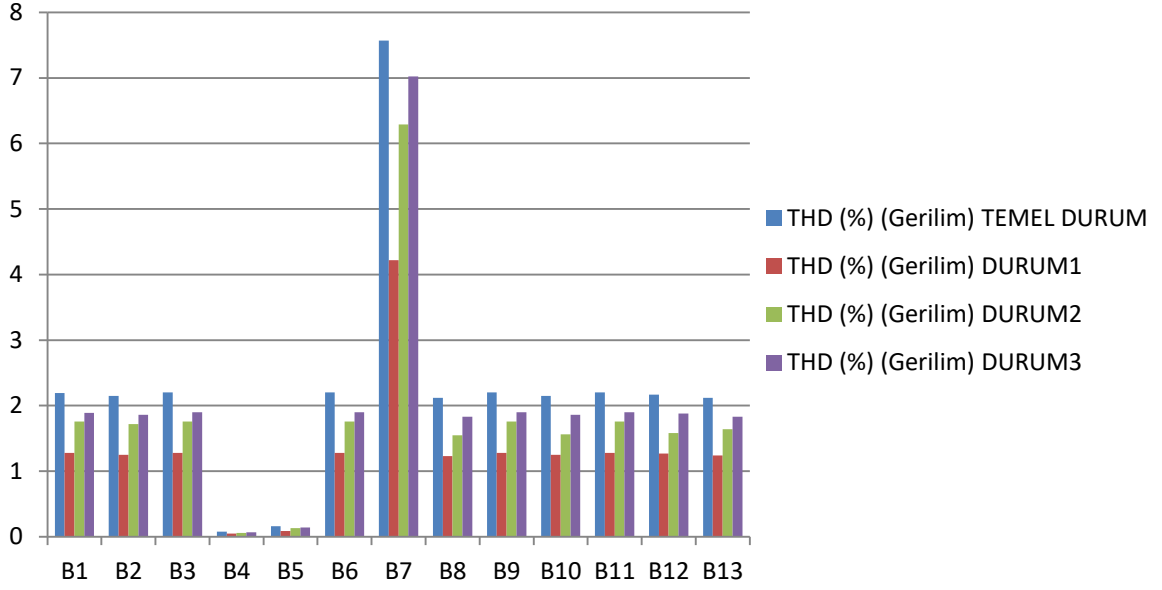


Farklı durumlar için yapılan çalışmanın toplam harmonik distorsiyonuna etkisinin değerleri Tablo 3 'de bu değerlere ait grafik Şekil 3'de verilmiş ve bu değerler denklem (5) kullanılarak hesaplanmıştır. Tablo 3'te ayrıca DÜK'larının sisteme bağlandıktan sonra THD' da oluşturduğu azalmanın yüzde olarak değerleri de belirtilmiştir.

Tablo3. Farklı durumlar için baralardaki toplam harmonik bozulmaları ve temel duruma göre THD değişim yüzdeleri

DÜK==>	THD (%) (Gerilim)				THD % Değişim İndisleri		
	TEMEL D.	DURUM1	DURUM2	DURUM3	DURUM1	DURUM2	DURUM3
B1	2,19	1,28	1,76	1,89	41,55251142	19,6347032	13,69863014
B2	2,15	1,25	1,72	1,86	41,86046512	20	13,48837209
B3	2,2	1,28	1,76	1,9	41,81818182	20	13,63636364
B4	0,08	0,05	0,06	0,07	37,5	25	12,5
B5	0,16	0,09	0,13	0,14	43,75	18,75	12,5
B6	2,2	1,28	1,76	1,9	41,81818182	20	13,63636364
B7	7,57	4,22	6,29	7,02	44,25363276	16,90885073	7,265521797
B8	2,12	1,23	1,55	1,83	41,98113208	26,88679245	13,67924528
B9	2,2	1,28	1,76	1,9	41,81818182	20	13,63636364
B10	2,15	1,25	1,56	1,86	41,86046512	27,44186047	13,48837209
B11	2,2	1,28	1,76	1,9	41,81818182	20	13,63636364
B12	2,17	1,27	1,58	1,88	41,47465438	27,18894009	13,3640553
B13	2,12	1,24	1,64	1,83	41,50943396	22,64150943	13,67924528

* Tablo 3' de kırmızı ile yazılan tekil harmonik değerleri, IEEE gerilim harmonik distorsiyon sınırlarının dışındadır.



Şekil 3. Farklı durumlar için baralardaki toplam harmonik bozulmaları

Şebeke ve generatöre yakın hatlarda oluşan harmonik akımlar incelendiğinde, generatör tarafında hat akımının yüksek olması nedeniyle hattaki akım harmoniklerinin de şebeke tarafına oranla daha yüksek çıktığı görülmüştür. Ayrıca non-lineer yükün bulunduğu baraya DÜK bağlandığında akım harmoniklerinde azalma olduğu tespit edilmiş ve rakamsal olarak da Tablo 4’ te gösterilmiştir.

Tablo4. Farklı durumlar için şebeke ve generatör tarafı akım harmonik bozulmaları

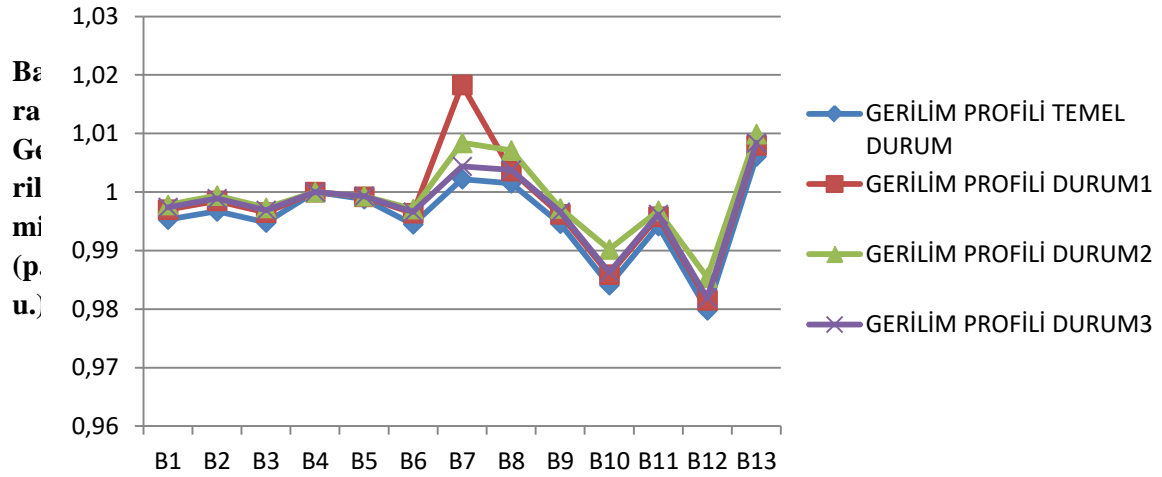
		HD					
		Hat Akımı (A)	HD_I5 (%)	HD_I7 (%)	HD_I11 (%)	THD_I (%)	
Line==> (B1-B3)		81,78	9,276	3,386	0,32	9,88	TEMEL DURUM
		81,65	8,304	3,839	0,337	9,16	DURUM1
		81,58	10,866	5,289	0,456	12,094	DURUM2
		81,62	12,487	6,7	0,557	14,18	DURUM3
Line(1)==>(B4-B5)		61,71	2,97	0,229	0,103	2,98	TEMEL DURUM
		40,64	1,753	0,171	0,071	1,763	DURUM1
		40,41	2,283	0,235	0,096	2,3	DURUM2
		36,4	2,363	0,268	0,106	2,38	DURUM3

Son olarak sistemin gerilim profili de yapılan senaryolar için incelenmiştir. Sistemde yük akışı analizleri yaptırılarak DÜK’ ndan önce ve sonraki durumlar karşılaştırılmış ve Tablo 5’de gerilim profilleri ve gerilim değişim indisleri olarak sunulmuştur. Şekil 4’te ise gerilim profilinin grafiksel karşılığı gösterilmiştir. Gerilim değişim indisleri denklem (1)’ e göre hesaplanmıştır.

Tablo5. Güç katsayısı kontrollü gerilim profili ve gerilim değişim indisleri

Bara Adı	GERİLİM PROFİLİ				GERİLİM DEĞİŞİM İNDİSLERİ (%)		
	TEMEL D.	DURUM1	DURUM2	DURUM3	DURUM1	DURUM2	DURUM3
B1	0,9953	0,997	0,9978	0,9974	-0,170802773	-0,251180549	-0,210991661
B2	0,9967	0,9985	0,9994	0,9989	-0,180595967	-0,27089395	-0,220728404
B3	0,9948	0,9965	0,9973	0,9969	-0,170888621	-0,251306795	-0,211097708
B4	1	1	1	1	0	0	0
B5	0,9988	0,9992	0,9993	0,9993	-0,040048058	-0,050060072	-0,050060072
B6	0,9945	0,9964	0,9971	0,9966	-0,191050779	-0,261437908	-0,211161388
B7	1,0022	1,0183	1,0084	1,0044	-1,606465775	-0,618638994	-0,219517062
B8	1,0015	1,0036	1,0071	1,0038	-0,209685472	-0,559161258	-0,229655517
B9	0,9946	0,9962	0,9972	0,9966	-0,160868691	-0,261411623	-0,201085864
B10	0,9841	0,9859	0,9902	0,9863	-0,182908241	-0,619855706	-0,223554517
B11	0,9942	0,9958	0,9968	0,9962	-0,160933414	-0,261516797	-0,201166767
B12	0,9798	0,9815	0,9854	0,9819	-0,173504797	-0,571545213	-0,214329455
B13	1,0061	1,008	1,0099	1,0084	-0,188848027	-0,377696054	-0,228605506

Tablo 5'ten de görüleceği gibi DÜK' larının varlığı sistemin gerilim değerlerini yukarıya taşımıştır. DÜK' larının bağlantı noktası ve gücü değiştikçe gerilim profili de değişmiştir.



Şekil 4. Sabit güç katsayılı gerilim profili

VII. SONUÇ

Bu çalışmada gücü, sistemdeki yeri, tekil ya da yayılı olması gibi parametreleri değiştirilen DÜK' larının sistemin akım gerilim harmonikleri, gerilim profili, güç kalitesi indisleri üzerindeki etkileri incelenmiş ve harmoniklerin azaltılması amaçlanmıştır. Çalışma, IEEE 13 baralı dengeli bir dağıtım sistemi üzerinde gerçekleştirilmiştir. Yapılan analizlerden de anlaşılacağı gibi; DÜ' in

varlığında gerilim profilinde genel bir iyileşme gözlemlenmiştir. DÜK'ler non-lineer yük baralarına bağlandığı takdirde harmoniklerin azalma oranı daha fazla olacaktır. Dağıtılmış üretim kaynaklarının varlığı bara gerilimlerindeki harmonikleri düşürürken şebekeye yakın hatların akım harmoniklerini arttırmıştır. Bu durumda sistemde DÜK'larının tekil kullanımı daha avantajlı olmaktadır. DÜK'lerin gücünün artması bara gerilim harmoniklerini daha da azaltacaktır.

VIII. KAYNAKLAR

- [1] T. Ackermann, G. Andersson, L. Söder, Distributed generation: a definition: *Electric Power Systems Research* **57(3)** (2001) 195-204.
- [2] C. L. T. Borges, D. M. Falcao, Impact of distributed generation allocation and sizing on reliability, losses and voltage profile , (2003) DOI: **10.1109/PTC.2003.1304342**.
- [3] A.F. Abdul Kadir, A. Mohamed, H.Shareef, Harmonic impact of different distributed generation units on low voltage distribution system, (2011) DOI: **10.1109/IEMDC.2011.5994774**
- [4] F. M. Nuroğlu, A. Basa Arsoy, *Dağıtılmış Üretim Kaynağı İçeren Dağıtım Sistemlerinde Sürekli Durum ve Kısa Devre Analizi in 3e Electrotech Elektrik Mühendisleri Odası(EMO)*, **177(104)**, (2009)
- [5] C. Kocatepe, M. Uzunoğlu, R. Yumurtacı, A. Karakaş, O. Arıkan, *Elektrik Tesislerinde Harmonikler*, Birsen Yayınevi Ltd. Şti, (2003)
- [6] S.Khalid, B. Dwivedi, *Power Quality Issues, Problems, Standarts & Their Effects in Industry with Corrective Means:International Journal of Advances in Engineering & Technology*. **1(2)** (2011) 1-11.
- [7] IEEE Task Force on Harmonics Modeling and Simulation, *Test systems for harmonics modeling and simulation in IEEE Trans on Power Delivery*, **14(2)** (1999) 579-587.
- [8] P. Caramia, G. Carpinelli, P. Verde, *Power Quality Indices in Liberalized Markets*, John Wiley & Sons Ltd. (2009)