

Gerilim Kontrolü ve Optimum Kapasitör Yerleşimi ile Dağıtım Şebeke Kayıplarının Azaltılması

Özgür YÜCEL

Genetek Ltd.Şti

ozgur.yucel@genetek.com.tr

Özet

Elektrik enerjisi, insan hayatına girdiğinden itibaren önemi giderek artan ve günümüzde olmazsa olmaz enerji kaynaklarından biri olmuştur. Artan enerji talebi, yeni elektrik üretim santrallerinin kurulmasını da beraberinde getirmektedir. Ancak kurulacak olan her bir santral, büyük yatırımlar gerektirecek ve çevre için olumsuz bir etki yaratacaktır. Modern dünyanın yıldan yıla artış gösterecek olan elektrik tüketiminin sınırlanması söz konusu değildir. Ancak, artan talebi karşılayabilmek için öncelikle yeni santraller kurmak yerine, enerji kayıplarının minimize edilmesi sağlanmalıdır.

Bu çalışma, dağıtım sistemindeki enerji kayıplarının minimize edilmesi amacıyla yapılmıştır. Volt/Var kontrolünün gerçekleştirilmesi sonucunda şebeke kayıplarında önemli azalmalar ve gerilim profilinde önemli düzeltilmeler meydana geldiği tespit edilmiştir. Ele alınan dağıtım şebekesi üzerinde farklı senaryolar uygulanarak optimum kapasitör yerleşimi ve gerilim kontrolü ayrı ayrı uygulanmış, analiz sonuçları yorumlanmıştır.

Anahtar kelimeler: Optimum Kapasitör Yerleşimi, Gerilim Kontrolü, Şebeke Kayıpları

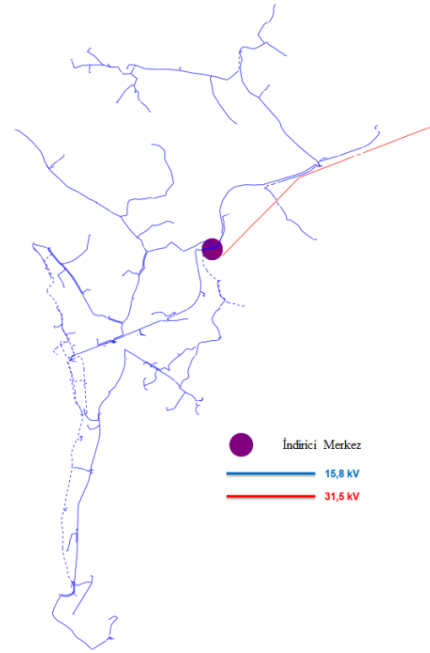
1.Giriş

Dünya genelinde yapılan araştırmalara göre dağıtım seviyesindeki teknik kayıplar, üretilen enerjinin yaklaşık %13 ü kadardır. [1] Bu değer, dağıtım seviyesinde azımsanamayacak boyutlarda kayıpların meydana geldiğini göstermektedir. Gerilim ve reaktif güç kontrolü, kayıpların azaltılması açısından büyük önem arz etmektedir. Optimize edilmiş bir Volt/Var kontrolü ile önemli miktarda kayıpların azalması sağlanabilir ve gerilim profili iyileştirilebilir. Bu durum, dağıtım sistemi aparatlarının ek kVA kapasitesinin oluşmasını da sağlamaktadır. Bu çalışmada Türkiye’de ki bir dağıtım sisteminin 31,5 kV/ 15,8 kV dönüştürücü istasyonundan itibaren dağıtım şebekesi ele alınmış, ayrı ayrı Volt ve Var kontrolü ile şebeke kayıplarının değişimi gözlemlenmiştir. Tüm

analizler PSS®SINCAL güç sistemleri analiz programında, yüklerin puant durumu göz önüne alınarak yapılmıştır.

2.Dağıtım Şebekesi

Çalışmada 31,5 kV / 15,8 kV indirici merkezi istasyonundan itibaren dağıtım şebekesi ele alınmıştır. Şekil 1 de dağıtım şebekesinin coğrafik görüntüsü ve indirici merkez istasyonunun lokasyonu bulunmaktadır.



Şekil 1. Dağıtım şebekesinin coğrafik görünümü

Tablo 1 ve Tablo 2 sırasıyla havai hat/kablo ve transformatör bilgilerini içermektedir.

Gerilim Seviyesi [kV]	İletken Bilgisi	Tip	Hat Kesiti [mm ²]	Hat Uzunluğu [km]
15,8	Havai Hat	SW	31,14	23,344
15,8	Kablo	50/Cu	50	0,446
15,8	Havai Hat	1/0	62,44	0,577
15,8	Kablo	70/Cu	70	0,78
15,8	Kablo	95/Cu	95	8,229
15,8	Havai Hat	3/0	99,3	7,703
15,8	Kablo	150/Cu	150	1,284
15,8	Havai Hat	266 MCM	156,86	8,512
15,8	Kablo	240/Cu	240	0,748
15,8	Havai Hat	477 MCM	280,84	2,062
Toplam				53,685

Tablo 1. İletken bilgileri

Primer Gerilim [kV]	Sekonder Gerilim [kV]	Güç [kVA]	Adet
31,5	15,8	31500	1
15,8	0,4	1000	5
15,8	0,4	630	17
15,8	0,4	400	27
15,8	0,4	250	21
15,8	0,4	160	19
15,8	0,4	100	10
15,8	0,4	50	5
15,8	0,4	25	1
Toplam			106

Tablo 2. Transformatör bilgileri

2. Volt Kontrol Analizi

Volt kontrol analizi 3 farklı senaryo için uygulanmıştır. Tüm senaryolarda gerilim kontrolü, indirici merkezde bulunan güç transformatörünün yükte kademe değiştirmesi ile gerçekleştirilmiştir. Her kademe değişiminde iletken kayıpları, dağıtım ve güç transformatörü kayıpları tespit edilmiş ve listelenmiştir. Volt kontrolü, Elektrik Dağıtım ve Perakende Satışına İlişkin Hizmet Kalitesi Yönetmeliği'nde bulunan açıklamaya göre yapılmıştır:

“OG seviyesi için; ölçüm periyodu boyunca TS EN 61000-4-30'da tanımlanan ölçüm periyodu boyunca (kesintisiz bir hafta) ölçülen gerilim etkin değerlerinin 10'ar dakikalık ortalamalarının en az % 99'u beyan etkin gerilim değerinin + % 10'nu aşmamalı, yine bu ortalamaların en az %99'u beyan etkin gerilim değerinin - % 10'nun altına düşmemelidir.” [3]

2.1.Senaryo 1 Analizi

Bu senaryoda dağıtım transformatörleri kurulu güçlerinin %30'u oranında yüklenmişlerdir. Bu koşullarda dağıtım transformatörlerinden(DT) çekilen toplam güç 10,822 MW dır. Bu değer sadece dağıtım transformatörünün sekonderinden çekilen güçtür ve dağıtım seviyesindeki kayıplar dahil değildir. Bu yüklenme değeri için ele alınan dağıtım şebekesinin, gerilim değerinin sınırlar dışına çıkmaması için güç transformatörünün (GT) sekonder barasındaki minimum gerilim değeri 0,94 pu; maksimum gerilim değeri 1,1 pu olarak tespit edilmiştir. Tespit edilen değerler için 0,1 pu aralıklarla analizler yapılmıştır. Analiz sonuçları Tablo 3 de verilmiştir.

2.2.Senaryo 2 Analizi

Ele alınan senaryoda dağıtım transformatörleri kurulu güçlerinin %50'si oranında yüklenmişlerdir. Bu durumda, dağıtım transformatörlerinden(DT) çekilen toplam güç 18,037 MW dır. İlgili değer

sadece dağıtım transformatörünün sekonderinden çekilen güçtür ve dağıtım seviyesindeki kayıpları içermemektedir. Bu koşullarda, gerilim değerinin istenilen sınırlarda olabilmesi için güç transformatörünün (GT) sekonder barasındaki minimum gerilim değeri 0,96 pu; maksimum gerilim değeri 1,1 pu olarak tespit edilmiştir. Tespit edilen değerler için 0,1 pu aralıklarla analizler yapılmıştır. Analiz sonuçları Tablo 4 de verilmiştir.

GT Sekonder Bara Gerilimi [v/vn]	İletken Kayıpları [kW]	DT Kayıpları [kW]	GT Kaybı [kW]	Toplam Kayıp [kW]	Kayıp Oranı [%]
94%	167	144	37	348	3,115
95%	163	144	37	344	3,081
96%	160	144	36	340	3,046
97%	156	144	36	336	3,011
98%	153	144	36	333	2,985
99%	150	144	36	330	2,959
100%	147	144	36	327	2,933
101%	144	144	36	324	2,907
102%	141	144	35	320	2,872
103%	138	144	35	317	2,846
104%	135	144	35	314	2,820
105%	133	144	35	312	2,802
106%	130	144	35	309	2,776
107%	127	143	35	305	2,741
108%	125	143	35	303	2,724
109%	123	143	35	301	2,706
110%	120	143	35	298	2,680

Tablo 3. Senaryo 1 Analiz Sonuçları

GT Sekonder Bara Gerilimi [v/vn]	İletken Kayıpları [kW]	DT Kayıpları [kW]	GT Kaybı [kW]	Toplam Kayıp [kW]	Kayıp Oranı [%]
96%	465	266	81	812	4,308
97%	454	249	80	783	4,160
98%	444	248	78	770	4,094
99%	434	246	77	757	4,028
100%	424	245	76	745	3,967
101%	415	244	75	734	3,910
102%	406	242	74	722	3,849
103%	397	241	73	711	3,792
104%	389	240	72	701	3,741
105%	381	240	71	692	3,695
106%	373	239	70	682	3,643
107%	365	238	69,5	672,5	3,594
108%	358	238	69	665	3,556
109%	351	238	68	657	3,514
110%	344	237	67	648	3,468

Tablo 4. Senaryo 2 Analiz Sonuçları

2.1.Senaryo 3 Analizi

Dağıtım transformatörleri kurulu güçlerinin %70'i oranında yüklenmişlerdir. Dağıtım transformatörlerinden(DT) çekilen toplam güç 25,252 MW dır. Bu değer sadece dağıtım transformatörünün sekonderinden çekilen güçtür ve

dağıtım seviyesindeki kayıplar dahil değildir. Bu yüklenme değerinde, gerilim seviyesinin istenilen sınırlarda olabilmesi için güç transformatörünün(GT) sekonder barasındaki minimum gerilim değeri 0,98 pu; maksimum gerilim değeri 1,1 pu olmalıdır. Bu sınırlar dahilinde 0,1 pu aralıklarla analizler gerçekleştirilmiştir. Analiz sonuçları Tablo 5 de verilmiştir.

GT Sekonder Bara Gerilimi [v/vn]	İletken Kayıpları [kW]	DT Kayıpları [kW]	GT Kaybı [kW]	Toplam Kayıp [kW]	Kayıp Oranı [%]
98%	921	413	149	1483	5,547
99%	898	407	146	1451	5,434
100%	877	402	143	1422	5,331
101%	856	397	140	1393	5,228
102%	836	392	137	1365	5,128
103%	817	387	135	1339	5,036
104%	799	383	133	1315	4,950
105%	781	379	130	1290	4,860
106%	764	375	128	1267	4,778
107%	747	371	126	1244	4,695
108%	731	368	124	1223	4,619
109%	716	364	122	1202	4,544
110%	701	361	120	1182	4,472

Tablo 5. Senaryo 3 Analiz Sonuçları

3. Optimum Kapasitör Yerleşimi

Birçok dağıtım şirketi, reaktif güç dengesini sağlamak için büyük güçlü kapasitörleri tek bir büyük istasyona tesis etme eğilimindedir. Dağıtım merkezleri, indirici merkezler bu büyük istasyonlara örneklerdir. Bu eğilimin bazı sebepleri aşağıda belirtilmiştir:

- Büyük istasyonlarda kapasitör tesis edilmesi için genellikle boş alan bulunmaktadır. Büyük istasyonların altında bulunan noktalarda kapasitör tesis edilebilmesi için yeni alanların satın alınması gerekebilir.
- Büyük istasyonlarda genellikle SCADA sistemi bulunmaktadır. Uzaktan kontrolü sağlayacak bu sistem, kapasitör yerleşimi için de bir tercih sebebidir.
- Büyük istasyonlar merkez bölgelere yakın oldukları için bakım maliyetleri daha azdır.
- Birçok dağıtım şirketi yükte kademe değişimi yapmadığı için indirici merkezin sekonder gerilimini büyük güçlü kapasitörler ile kontrol etmektedirler.

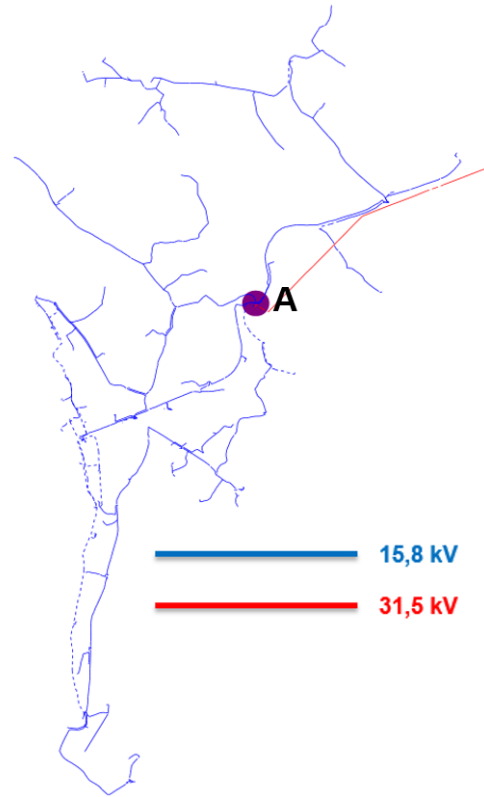
Bu yaklaşımın şebeke kayıpları ve gerilim profili üzerinde olumsuz etkileri bulunmaktadır. Bu olumsuz etkileri ortadan kaldırmak için

kapasitörler şebeke içerisinde optimum olarak dağıtılmalıdır.

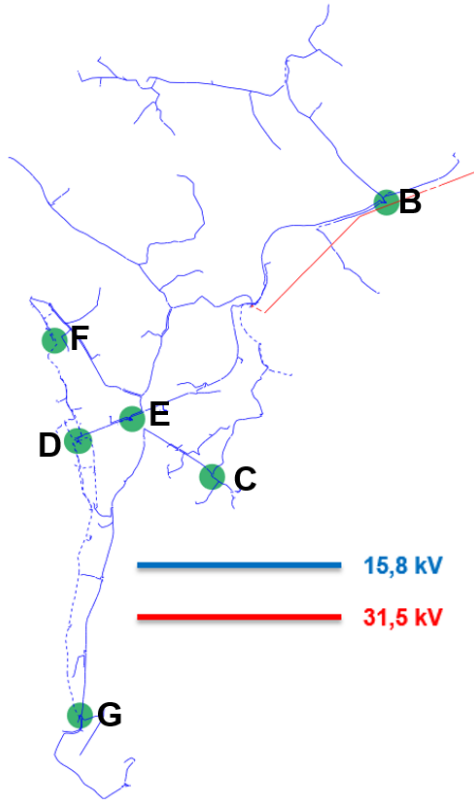
3.1. Optimum Kapasitör Yerleşimi Analizi

İncelenen dağıtım şebekesinde indirici merkezin (İM) 15,8 kV barasında devrede olan 4200 kVAr gücünde kapasitör grubu bulunmaktadır. Dağıtım şebekesi üzerinde başka bir noktada kapasitör bulunmamaktadır. Analiz esnasında dağıtım transformatörleri %70 oranında yüklenmiş ve indirici merkezin sekonder gerilimi 1 pu olarak sabitlenmiştir.

İlk analizde mevcut durumdaki kayıplar hesaplanmıştır. İkinci analizde 4200 kVAr gücündeki kapasitör grubu devreden çıkarılarak, 300 kVAr gruplar halinde tekrar ele alınarak dağıtım şebekesi üzerinde optimum olarak dağıtılmıştır. Şekil 2 de mevcut durumdaki kapasitör lokasyonu, Şekil 3 de ise optimum kapasitör yerleşimi(OKY) sonrasındaki kapasitör lokasyonları görülmektedir. OKY sonrasındaki kapasitörlerin dağıtılmış güçleri Tablo 6 da ifade edilmiştir. OKY sonrasında 152 kW kayıp azalması meydana gelmiştir.



Şekil 2. Mevcut durumdaki kapasitör lokasyonu



Şekil 3. OKY sonrası kapasitör lokasyonları

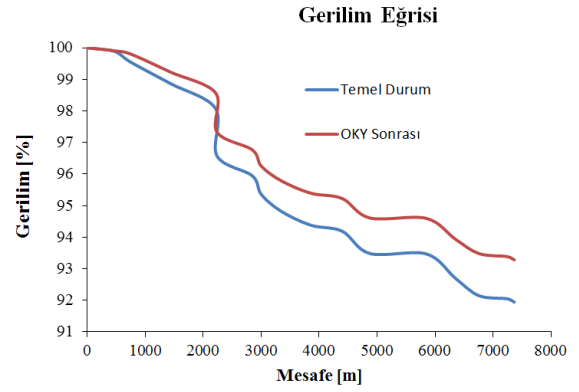
Kapasitör Lokasyonu	Gerilim Seviyesi [kV]	Kapasitör Gücü [kVar]
B	15,8	300
C	15,8	900
D	15,8	900
E	15,8	300
F	15,8	900
G	15,8	900
Toplam		4200

Tablo 6. OKY sonrası kapasitör dağıtımları

OKY Durumu	İM Sekonder Gerilimi [v/vn]	Toplam Kayıp [MW]	Kayıp Oranı [%]
Hayır	100%	1,422	5,331
Evet	100%	1,270	4,788
Toplam Kayıp Farkı		0,152	

Tablo 7. Optimum Kapasitör Yerleşimi analiz sonuçları

Dağıtım şirketlerinin gerilim profilini tüm yük koşullarında istenilen sınırlar dahilinde tutması gerekmektedir [2]. OKY sonrasında kayıpların azalmasına ek olarak gerilim profilinde de önemli iyileşmeler meydana gelmiştir. Dağıtım şebekesinde İM ye en uzak noktadaki tüketici üzerindeki gerilim profili incelenmiştir. İlgili yük ile İM arasında 7,366 km mesafe bulunmaktadır. Şekil 4 de OKY çalışmasının gerilim profilini de iyileştirdiği görülmektedir.



Şekil 4. OKY öncesi ve sonrası gerilim profili

4. Sonuç

Reaktif güç kontrolünün tek amacı güç faktörünü istenen sınırlarda tutmak olmamalıdır. Kapasitör yerleşiminin kayıplar ve gerilim profili üzerindeki etkisi de göz önüne alınmalıdır. Analiz sonuçlarından da görülebileceği gibi kapasitör banklarının toplam gücünün değiştirilmemesine rağmen, kapasitör dağılımı sonucunda kayıplarda önemli ölçüde azalma meydana gelmiştir. Bir diğer önemli sonuç ise İM lerdeki güç transformatörlerinin yükte kademe değiştiricili olarak tercih edilmesi gerektiğidir. Özellikle yüklenmenin arttığı durumlarda gerilim kontrolünün kayıplar üzerinde önemli etkilere sahip olduğu tespit edilmiştir. Çalışmanın başında dünya genelinde OG seviyesindeki kayıpların yaklaşık %13 civarında olduğu belirtilmiştir. Analiz sonuçları incelendiğinde ortalama kayıp oranının %4-5 olduğu görülmektedir. Ancak analizlerde alçak gerilim (AG) kayıpları bulunmamaktadır. Bu durum göz önüne alındığında AG seviyesindeki kayıpların OG seviyesindeki kayıplardan daha fazla olduğu sonucu elde edilmektedir. Çıkan sonuç, AG seviyesi için de kayıpların azaltılması için detaylı çalışmaların yapılması gerektiğini göstermektedir.

5. Kaynaklar

- [1] Y. Chikhani, M.M.A. Salama, H.N.Ng, "Classification of Capacitor Allocation Techniques", Vol.15, No.1, IEEE Transactions on Power Delivery, 2000
- [2] Mesut E.Baran, Ming-Yung Hsu, "Volt/Var Control at Distribution Substations", IEEE Transactions on Power Systems, Vol14, 1999
- [3] EPDK, "Regulation of Service Quality in Electrical Distribution System", 2013