

GERİLİM KARARLILIĞI AÇISINDAN YÜK VE ÜRETİM ARTIŞLARININ ENERJİ İLETİM SİSTEMLERİNE ETKİLERİ

(Enerji Üretim, İletim ve Dağıtım)

Yılmaz Uyaroğlu Hakan Atabek M.Ali Yalçın
Sakarya Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliği SAKARYA
e-mail: uyaroglu@sakarya.edu.tr

ABSTRACT

Over the last ten to fifteen years, several instances of voltage collapse have been experienced. Researchers have performed extensive studies on these voltage stability problems, frequently associating these phenomena to lack of voltage support in certain system buses. The problem could be compounded by generators reaching reactive power limits, and is usually related to a loadability limit of the transmission system. Due to economic developments, growth and technologic developments, demand of electric energy has been increased rapidly.

The voltage stability can be defined as the ability of the system to maintain the bus voltage magnitudes within the specified limits whether under the steady-state or the transient conditions. The most interesting point on the curves is the singularity point for which there exists only one voltage value versus power.

The voltage at this particular point is referred to as "Critical Voltage, V_{crit} ", and the power as "Critical Power, P_{crit} ". These values define the boundaries of steady-state voltage stability. At the end of study is, the critical power and voltage values by result of load increase are observed with applying load flow on actual example energy transmission system. With increasing the load; critical power is decreased and critical voltage is increased.

Keywords: Voltage Stability, Transmission Systems.

1. GİRİŞ

Klasik anlamda kararlılık, bir bozucu etkiye (kısa devre, açma-kapama, hatların devre dışı kalması, yük artışı v.b) maruz kalan sistemin, bu etki kalktıktan sonra tekrar bozucu etki öncesi çalışma koşullarına dönebilmesi yeteneği olarak tanımlanmaktadır[4]. Gerilim Kararlılığı ise; bir güç (enerji) sisteminin yük baralarının gerilimlerinin genliklerini, gerek sürekli halde gerekse geçici olaylar esnasında, belirli işletme limitleri içinde tutabilme yeteneği olarak tanımlanabilir. Gerilim kararsızlığına neden olan ana

faktör güç sisteminin gerekli gerekli gücü karşılamadaki yetersizliktir. Yani normal olmayan sistem çalışmaları veya kontrolör davranışları altında, yük taleplerini karşılamaya çalışan belirli sistem baralarına yeterli reaktif gücün verilemeyeşidir[2]. Bu durumda bir bölgedeki gerilimin, artışı olarak gerilim çığı yaratması ve sonunda da sistemin tümünde gerilim çökmesine sebep olması olarak niteleyebiliriz.

Yük akışı denklemleri çoklu çözümlere sahiptir ve gerilim bu çoklu çözümlerle yakından ilgilidir. Herbir gerilim çözümü için kararlılık, generatörlerin ve yüklerin dinamikleri göz önüne alınır, özdeğer metodu kullanılarak dinamik olarak analiz edilebilir[4].

Sonuçta küçük bozucu etkiler açısından, gerilim kararlılığı konusuna uygulanabilmesine rağmen örneğin en basit durum olarak paralel hatlarla birbirine bağlı iki baralı bir güç sistemi, bir bozucu etki sonucu paralel hatlardan birinin ani olarak açılması durumuna maruz kalmışsa, yüklere ve kontrol dinamiklerine bağlı olarak gerilim çok hızla değişebilir ve lineerlik bozulduğundan özdeğer metodu uygulanamaz. Bu nedenle böyle bir durumda, dinamik simülasyon metodu yararlı görülmektedir[2].

Bu çalışmada sadece sürekli hal gerilim kararlılığında, sistem yüklerinin periyodik bir şekilde artırılması sonucunda oluşan statik yük akışı incelendiğinden dinamik simülasyon metodu inceleme kapsamına alınmamıştır.

Gerilim kararlılığının incelenmesinin ilk yolu sürekli hal gerilim kararlılığına, yani statik yük akışı analizlerine dayanmaktadır. Elde edilen değerler genellikle, aktif güç-gerilim koordinatlarında P-V eğrileri ile gösterilmektedir. P-V eğrisi üzerinde gerilimin kararsızlık noktası, kritik güç değerleri rahatlıkla incelenebildiğinden, statik analizlerde gerilim çökmesinden korunmak için faydalı olmaktadır. Nüfus artışı, ekonomik gelişmeler, gelişen teknoloji sonucu olarak ülkemizde elektrik enerji talebi hızla yükselmektedir. Yıllık olarak yaklaşık %10'luk bir enerji artış talebi bulunduğu ülkemizde bu

artışın yakalanarak önüne geçilmesi en önemli hedeflerden biridir.

Yukarıdaki açıklamaların ışığında, bu çalışmada, yıllık %10'luk enerji artışı talebini 10 yıllık bir periyot içinde gerilim kararlılığı yönünden statik yük akışı incelemeleri yapılmıştır. Yük artışına cevap verecek şekilde çeşitli üretim artışları gerçekleştirilerek yük akışı yapılmış ve gerilim kararlılığı incelenmiştir.

2. ELEKTRİK GÜÇ SİSTEMLERİNDE GERİLİM KARARLILIĞI

Bu çalışmada, statik yük analizlerine dayalı gerilim kararlılığı incelenerek, aşağıda bahsedilen metodlardan sürekli yük akışı metodu uygulanacaktır. Buna göre sistemin yükü sabit tutularak sadece ilgililenen barada her adımda yük artırılarak yük akışı (sonlu adımlarla) tekrar edilerek kritik noktaya ulaşılmıştır.

Bazı metodlar sadece iki baralı sistem çözümlerini kullanmışlardır ki bu çok baralı ve çok generatörlü devreler açısından sakıncalıdır.

Bazı metodlarda ise, reaktif güç üretim limitleri hesaba katılmamıştır. Bu gerilim çökmesini hızlandıran en önemli faktördür.

Bazı çalışmalar ise, yük-akışı sonlu adımlarla tekrar edilerek kritik noktaya ulaşmak istenmektedir. Bu olay Newton-Raphson yük akışı yönteminde kritik gerilim noktasında bazı önlemler alınmadıkça güvenli olmayan sonuçlar verecektir. Bunun nedeni ise, çoklu yük akışı çözümlerinin kritik nokta civarında birbirine yakın olmasıdır[4].

Bu çalışmada, statik yük analizlerine dayalı gerilim kararlılığı incelenerek, yukarıda bahsedilen metodlardan sürekli yük akışı metodu uygulanacaktır. Buna göre sistemin yükü sabit tutularak sadece ilgililenen barada her adımda yük artırılarak yük akışı tekrar edilerek kritik noktaya ulaşılmıştır. Statik gerilim kararlılığında kullanılan Newton-Raphson metodunun, incelenilen sistemin stabil çalışma koşullarının dışında, aşağıda sıralanılan başlıca üç koşul durumlarında bazen yakınsama ile ilgili problemler çıkardığı bilinmektedir. Bu koşullar;

- Sistem yükünün fazla olması.
- Enerji iletim hattının konfigürasyonu (Uzun iletim hatlarının çokluğu, hatların R_p/X_b oranının yüksek olması v.b)
- Yük akış koşulları (P-Q / P-V bara oranının yüksek olması, salınım barasının seçimi, başlangıç koşullarının seçimi v.b)

şeklinde sıralanabilir. Bunların dışında reaktif güç kompanzasyonun fazla olmasının ve büyük yüzdeli seri ve şönt kompanzasyonların da yakınsama problemleride çıkarabilmektedir.

Bu çalışmada, özellikle, sistem yükünün artmasından doğan problemler incelenmektedir. İki baralı sistemde bilinen P-V eğrilerinde kritik noktaya (uç nokta) yaklaşılması halinde, bu nokta civarındaki teğetlerin eğimleri (Türevler) arttığı göz önüne alınır; yapılan çalışma, sistemin incelenilen bara ile salınım barası arasında indirgemeye dayalı olduğundan, Newton-Raphson metodunu bazı nümerik önlemler alınmadan kullanmak, metodun ya iraksama yada alt bölgedeki düşük gerilim değerine yakınsamasına neden olabilecektir.

Newton-Raphson metodundaki Jakobiyen matris bütün türevleri içerdiğinden, teğet düzlemlerin çokluğu metodun, bahsedilen bu tür sakıncalar doğurmasına sebep olmaktadır[4].

Bu nedenle, yöntemin nümerik kararlılığını arttırmak amacıyla matris parçalaması teknikleri uygulanır. Bu çalışmada ise, doğal kararlı yapısı nedeniyle yük akışı analizleri Decoupled Metodu' na dayalı olarak yapılmıştır.

3. İNDİRGENMİŞ KUZEY BATI ANADOLU GÜÇ SİSTEMİNİN İNCELENMESİ

1997 yılı istatistiklerine göre, Ülkemizin elektrik enerjisi üretimi açısından kurulu gücü 21.164 MW olup, bu gücün yaklaşık olarak 6.000-7.000 MW' i sanayinin çok yoğun olduğu ve nüfusun büyük kesiminin yaşadığı Marmara ve Trakya bölgesinde tüketilmektedir[6]. Bu sebepten ulusal şebekenin önemli dağıtım bölümleri bu bölgedeki Kuzey Batı Anadolu (KBA) şebekesi ile gerçekleştirilmektedir.

1997 yılı verilerine göre, kurulu gücün %47'si hidrolik santrallerle üretilmesi ve bu üretim merkezlerinin çoğunun, ülkemizin coğrafi yapısı nedeniyle doğu bölgesinde bulunması, tüketimin büyük bir bölümünün batı bölgelerinde gerçekleşmesi, ulusal ağ şebekemizin planlanması, işletilmesi ve kontrolü büyük önem arz etmektedir[1].

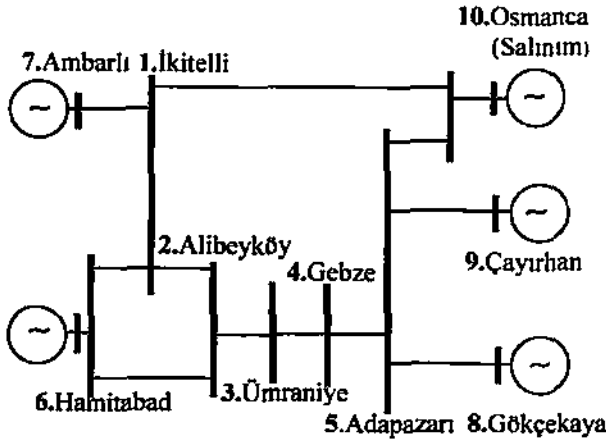
Kuzey Batı Anadolu (KBA) Şebekesi doğu kaynakları ile beslendiği gibi, doğu kaynaklarına olan uzaklığı nedeniyle batı kaynakları (Ambarlı santrali, Hamitabad santrali, Bulgaristan v.b) ile de beslenmektedir.

Bu sebeplerden dolayı, ulusal şebekenin önemli iletim ve dağıtım bölümlerinden olan KBA şebekesinin TEAŞ' dan alınan verilerine dayanarak kısmen indirgenmiş modeliyle çalışılıp sistem üzerinde

gerilim kararlılığının incelemeleri yapılmıştır. Önce, indirgenmiş KBA şebekesinin gerilim ve güç profili çıkarılıp, bara admitans matrisi elde edilir. Admitans matrisi (Y_{bara}) ile elde edilen lineer jakobiyen matrisin sistemin bozucu etkiye maruz kalması halindeki davranışı matrisin öz değerleri ile incelenecektir. Buna göre herhangi bir yük durumu için yük akışı yapılarak, salınım barası ve gerilim kararlılığı açısından incelenilen baranın dışındaki tüm baraların tüm güçleri eşdeğer admitansa çevrilmiş, tüm yük sabit tutularak sadece ilgilenilen barada her adımda yük artırılarak yük akışı iraksayana kadar kritik değerlerin hesaplanmasına devam edilmiştir ve kritik noktaya ulaşılmıştır.

3.1. İndirgenmiş Kuzey Batı Anadolu Sistemi

Kuzey Batı Anadolu (KBA) enerji dağıtım şebekesi, enerji talebinin en yoğun olduğu ve ulusal ağ şebekesinin önemli bölümlerinden olan Marmara-Trakya bölgesinde yer almaktadır[5]. N-baralı sisteme örnek teşkil eden, KBA şebekesi, TEAŞ' dan alınan veriler yardımıyla kısmen indirgenmiş ve bu sistemi teşkil eden 5'i üretim (generatör) olmak üzere, 10 baralı ve 11 elemanlı bir sisteme çevrilmiştir(Şekil 1).



Şekil 1. İndirgenmiş Kuzey Batı Anadolu Sistemi

Tablo 1. Kuzey Batı Anadolu Sisteminin Baraları

PQ(YÜK) BARALARI	PV(ÜRETİM) BARALARI	SALINIM BARASI
İkitelli	Hamitabad	Osmanca
Alibeyköy	Ambarlı	
Ümraniye	Gökçekaya	
Adapazarı	Çayırhan	
Gebze		

Tablo 2. İndirgenmiş KBA sistemine ait hat verileri

Hat No	Baradan-Baraya (p-q)	(Zpq) Hat		Hattın Şönt Admitansı (G.B)
		Örnük Direnç (R)	Empedansı Endüktans (X)	
1	1-2	0.000180	0.002142	0.0131028
2	1-6	0.003540	0.032713	0.0363255
3	1-7	0.000550	0.005089	0.0056193
4	1-10	0.003670	0.042188	0.0692991
5	2-3	0.000310	0.003692	0.0225897
6	2-6	0.002405	0.027634	0.0453925
7	3-4	0.000385	0.003560	0.0157459
8	4-5	0.001049	0.009710	0.0429503
9	5-8	0.002405	0.022275	0.0246284
10	5-9	0.003265	0.029887	0.0338289
11	5-10	0.001588	0.014463	0.0168657

4. YÜKLERİN VE ÜRETİMİN %10 ARTIŞLARININ BİLGİSAYAR ANALİZİ İLE İNCELENMESİ

N-baralı sisteme örnek teşkil etmesi için incelenilen Kuzey Batı Anadolu (KBA) enerji iletim sistemi, hat ve generatör değerlerinden görüleceği gibi oldukça büyük kapasiteli bir sistemdir[5].

Öncelikle, mevcut hat ve generatör değerlerine göre sistemin yük akışı yapılarak nominal değerlerindeki gerilim, güç ve yük açısı değerleri ve her yük barası tek tek yüklenerek, her yük barası için kritik değerler olan kritik güç (P_{crit}), kritik gerilim (V_{crit}) ve kritik yük açısı (δ_{crit}), hesaplanmış ve sonuçlar Tablo 3' de verilmiştir.

Tablo 3. Mevcut hat ve generatör datalarıyla yük akışı ve kritik değerler

Bara no	Güç P(pu)	Gerilim V(pu)	Açı δ (Derece)
1	3,9160	1,0072	1,5873
2	3,1940	1,0042	1,9992
3	3,2140	0,9980	2,8714
4	3,5650	1,0000	3,0880
5	4,3210	1,0209	1,8053

Bara no	Kritik Ger. V_{krt} (pu)	Kritik Yük Açısı(δ_{krt})	Kritik Güç P_{krt} (pu)
1	0,6178	28,2770	19,2340
2	0,7580	23,1213	17,0130
3	0,8565	21,8200	15,0360
4	0,7449	21,0170	23,4540
5	0,8019	34,0322	48,5220

Bu incelemede mevcut sistem üzerindeki yıllık %10 yük artışlarıyla birlikte, sistemde iyileştirme yapıldığı kabulü ile üretim baralarında da aynı oranda yani yıllık %10 artırılmasıyla, kritik gerilim ve kritik güç değerlerinin bu artışlarındaki değişimleri incelenmiştir.

Elde edilen değerlerden görüleceği gibi, sistemin yıllık %10 yük artışlarına karşılık, üretim baralarında yıllık aynı artış oranında artırılmasına rağmen kritik güç değerleri düşmektedir. Yani üretimdeki artış, yük artışları ile aynı oranlarda olmalarına rağmen artan yükü karşılayamamaktadır. Kritik güç değerlerindeki düşüş bir önceki incelemede olan sadece yük artışlarındaki kritik güç değerlerinde olmayıp, onlara yakındır[3]. Bu değerler bu incelemede yaklaşık olarak %10 daha iyidir.

Kritik güç değerleri bakımından sistemi incelediğimizde; yük baralarını kritik güç bakımından büyükten küçüğe doğru sıralamak gerekirse, nominal değerlerde elde edilen kritik güçlere göre yük baraları 5-4-1-2-3 şeklinde sıralanmaktadır. Yük baralarına ve üretim baralarına yıllık %10 bazında artış yaptığımızda, bu sıralama yük artışlarının %40'na kadar korunmakta, %40'lık artışta sıralama 5-1-4-2-3 olmakta, %70'lik yük artışında bu sıralama 5-4-1-2-3 olmakta, %100'lük artışta ise 5-1-4-3-2 şeklinde sıralanmaktadır.

Kritik güç düşüş değerleri ise nominal kritik güç değerlerine göre, %30'luk yük ve üretim artışında: en çok 5.barada, en az 3.barada meydana gelmekte, %50'lik yük ve üretim artışında; en çok 4.barada, en az ise 3.barada, %80'lik yük ve üretim artışında ise, yine en çok 4..barada, en az ise 3.barada güç değişleri gerçekleşmektedir.

%100'lük yük ve üretim artışında ise kritik güç değerleri nominal kritik güç değerlerinin 1 nolu barada %50.77' si, 2 nolu barada %46.64' ü, 3 nolu barada %53.77' si, 4 nolu barada %33.44' ü ve 5 nolu barada %37.96'sı olarak meydana gelmektedir. En çok kritik güç düşüşü 5 nolu barada, en az 3 nolu barada gerçekleşmektedir.

Kritik gerilimler ise, elde edilen değerlerden sistem yükü ve üretim değerlerindeki yıllık %10 artışlarla 10 yıllık bir süre içinde, yük ve üretim artışlarındaki değere göre orantısal şekilde %10-30 arasında azalma olduğu görülmektedir. Sadece 1 ve 5 nolu baralarda tüm yük ve üretim artışları boyunca bir düşüş olmamakta, mevcut değerlerinin koruyabilmektedirler.

Yıllık %10'luk yük ve üretim artışlarındaki, tüm yük baralarındaki kritik gerilim değişimlerinin aynı anda görülebilmesi için Şekil 2'deki grafiği oluşturulmuş. Aynı şekilde gene yük ve üretim artışlarındaki, kritik güç değişimlerini tüm yük baralarında görebilmemiz için Şekil 3 oluşturulmuştur.

5. SONUÇLAR

Bu çalışmadan çıkan sonuç; sistemdeki belli orandaki yük artışlarının meydana getireceği kritik güç düşüşlerinin, sistemdeki üretim baralarında aynı oranda artırılmasıyla bir iyileşmenin sağlanamadığıdır.

6. KAYNAKÇA

[1] YİĞİTĞÜDEN, Y., "Göreve Başlarken" TEAŞ, Türkiye Elektrik Üretim-İletim A.Ş. Yayın Organı, Sayı 6, S. 6-7, Ankara, 1997.

[2] IEEE, "Special Publication 90TH 0358-2-PWR", Voltaj Stability of Power Systems : Concepts, Analytical tools and Industry Experience, 1990.

[3] ATABEK,H., UYAROĞLU,Y., YALÇIN,M.A., "Enerji İletim Sistemlerinde Yük Artışlarının Gerilim Kararlılığına Etkisi", Elektrik-Elektronik-Bilgisayar Mühendisliği 8. Ulusal Kongresi., sh: 357-360, Gaziantep, 1999

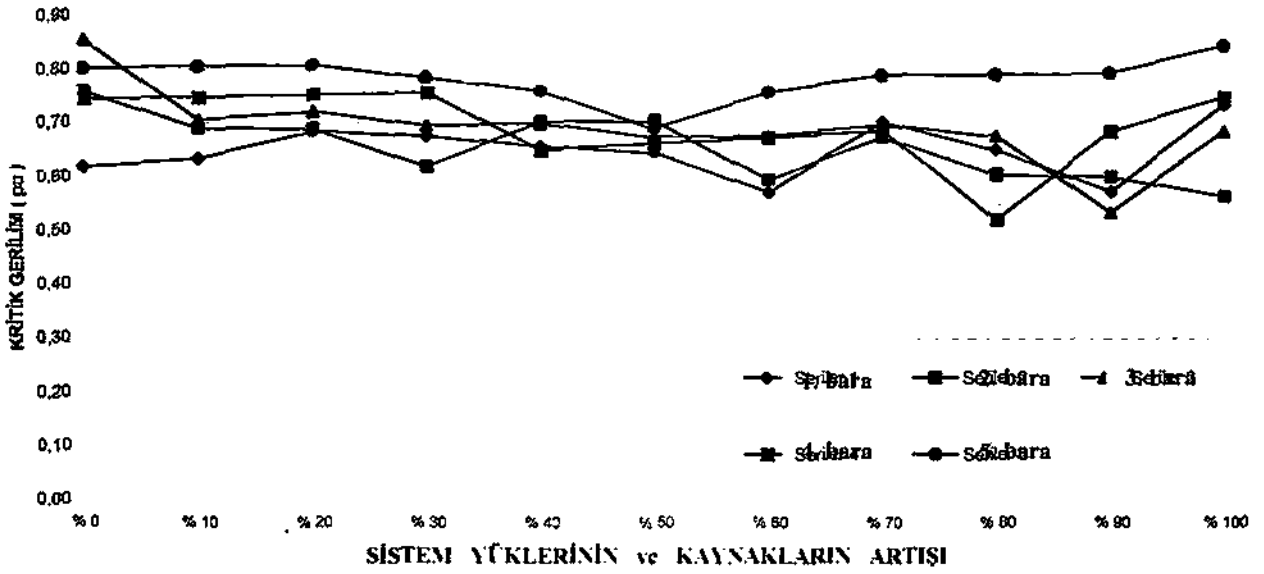
[4] YALÇIN, M.A., "Enerji Sistemlerinde Gerilim Kararlılığının Yeni Bir Yaklaşımla İncelenmesi", Doktora Tezi, İTÜ, E-E Fakültesi, İstanbul, 1995.

[5] TEAŞ, "Türkiye Ulusal Elektrik Ağındaki Havai Hatların, Trafoların ve Generatörlerin Elektriki Karakteristikleri", Ankara, 1991.

[6] KÖSEOĞLU, Z., "Elektrik Enerjisi ve Teaş", TEAŞ, Türkiye Elektrik Üretim-İletim A.Ş. Yayın Organı, Sayı 6, S. 10-11, Ankara, 1997.

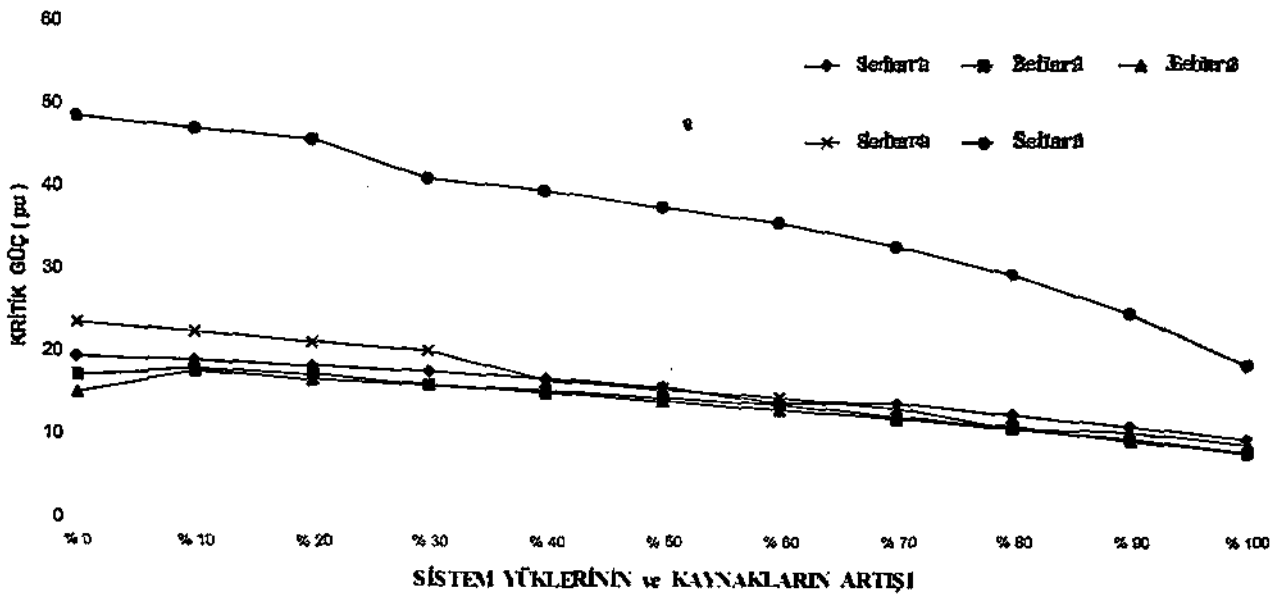
7. EKLER

TÜM YÜK BARALARININ YÜK ve KAYNAK DEĞİŞİMİNDEKİ KRİTİK GERİLİM DEĞİŞİMİ



Şekil 2. Tüm Yük Baralarının Yük Değişimindeki Kritik Gerilim Değişimi

TÜM YÜK BARALARININ YÜK ve KAYNAK DEĞİŞİMİNDEKİ KRİTİK GÜÇ DEĞİŞİMİ



Şekil 3. Tüm Yük Baralarının Yük Değişimindeki Kritik Güç Değişimi