

YÜKSEK GERİLİM DENEY DEVRELERİNİN BİLGİSAYARLA ANALİZİ

Mehmet BAYRAK

Sakarya Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
Elektrik-Elektronik Müh. Bölümü
Adapazarı/SAKARYA

Özcan KALENDERLİ

İstanbul Teknik Üniversitesi
Elektrik-Elektronik Fakültesi
Elektrik Mühendisliği Bölümü
Gümüşsuyu/İSTANBUL

ÖZET

Bu çalışmada, yüksek gerilim deney devrelerinden, örnek olarak, yüksek gerilimlerin üretilmesinde kullanılan bir Greinacher doğru gerilim devresi, bir ve iki katlı darbe gerilimi üretici devresi ve bir darbe akımı üretici devresi ile yüksek gerilimlerin ölçülmesinde kullanılan bir ohmik ve bir kapasitif gerilim bölücü devresi ele alınmış, devre elemanlarına bağlı olarak devrelerin davranışları bilgisayar yardımı ile incelenmiştir.

1. GİRİŞ

Uygulamada yüksek gerilimin söz konusu olduğu yerlerde kullanılan malzeme ve aygıtlar araştırma ve geliştirmede, üretim sonrası ve kullanım aşamalarında elektriksel davranışlarının, güvenilirliklerinin ve ömürlerinin belirlenmesi amacıyla yüksek gerilim deneylerine tabi tutulurlar. Deneyler, yüksek gerilim laboratuvarlarında veya işletmede öncelikle standartlara uygun koşullarda belirli deney devreleri ile gerçekleştirilir. Yüksek gerilim deney devreleri, yüksek gerilim üretme, ölçme ve denetim düzenlerinden oluşur. Bu düzenler elde edilecek gerilim türüne göre yapısal ayrılıklar gösterir. Yüksek gerilim üretim ve ölçme devreleri belirgin olmakla birlikte, uygulamada karşılaşılan sorunlar nedeniyle araştırma konusu olmayı sürdürmektedir.

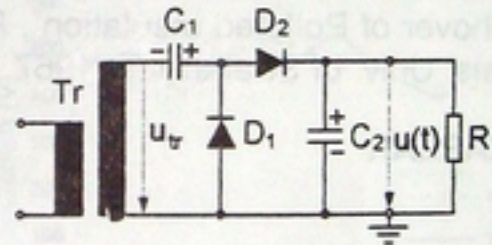
Bilgisayarlarda görülen gelişmeler ve olanakların artması, devre çözümlemelerinde analitik yöntemler yerine sayısal yöntemlerin ve bilgisayarların kullanımına olan ilgiyi arttırmıştır. Yüksek gerilim tekniğinde de deney sorunları ve yüksek gerilim sakıncası olmaksızın, hızlı, kolay ve çok yönlü olarak bilgisayar programlarından yararlanılabilir [1-4].

Bu çalışmadaki devre çözümlemelerinde PSpice programından yararlanılmıştır [3]. Çözümlemelerde, deney devrelerinde uygulamada ortaya çıkan direnç, endüktans ve kapasiteler ile yük değişimleri de göz önüne alınarak, bazı yüksek gerilim deney devrelerinin davranışı incelenmiştir.

2. BİLGİSAYAR ÇÖZÜMLEMELERİ

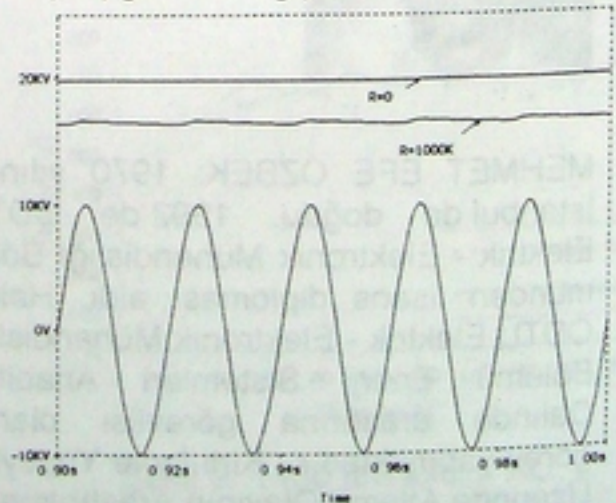
2.1. Doğru Gerilim Üretici

Yüksek doğru gerilimlerin alternatif gerilimlerin doğrultulması yoluyla elde edildiği en tanınmış devrelerden birisi de gerilimi bir katta iki katına çıkaran Greinacher devresidir.



Şekil 1. Greinacher devresi.

Şekil 1'deki devrede C_2 kondansatörünün ve yükün (R direncinin) varlığına ve değerlerine göre çıkış gerilimi değişir.



Şekil 2. Greinacher devresinin gerilim dalga şekilleri.

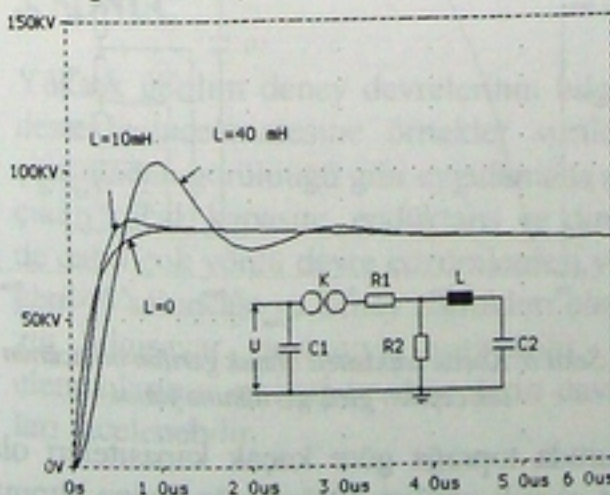
Böyle bir devreye ilişkin yapılan çözümlemelerden C_2 kondansatörünün durumuna göre devrenin çıkış dalga şekilleri incelenmiş ve Şekil 2'de C_2 'nin 0 ve 5 nF değerleri için elde edilen çıkış dalga şekilleri gösterilmiştir. İncelemelerden çıkış geriliminin değerinin ve şeklinin yüke ve C_2 'ye bağlı olarak değiştiği, C_2 'nin değeri büyüdükçe dalgalanmanın azaldığı, yükün değeri arttıkça gerilimin genliğinin azaldığı görülmüştür.

2.2. Darbe Gerilimi Üreteçleri

Yüksek gerilim sistemlerinde yıldırım ve açma kapama olaylarının laboratuvar koşullarında modellenmesi darbe üreteçleri yardımıyla yapılmaktadır. Çok hızlı değişen ve tek kutbiyetli gerilim türü olan darbe gerilimi ve üretimi için standardlaşmış bilgiler vardır [5-6]. Ancak uygulamada bu bilgileri gerçeklemede sorunlar ile karşılaşılır.

2.2.1. Tek Katlı Darbe Üreteci

Burada 1,2/50 μ s'lik standart yıldırım darbe gerilimi üreten tek katlı bir darbe üretecinde, uygulamada karşılaşılan sorunlardan biri olan deney cismi bağlantı iletkeninin endüktans etkisi, $L=0$ (endüktans yok) ve $L=50$ mH (endüktans var) durumları için incelenmiş ve Şekil 3'te L 'nin devre içinde yer olarak etkin olduğu duruma ilişkin çıkış dalga şekilleri gösterilmiştir.



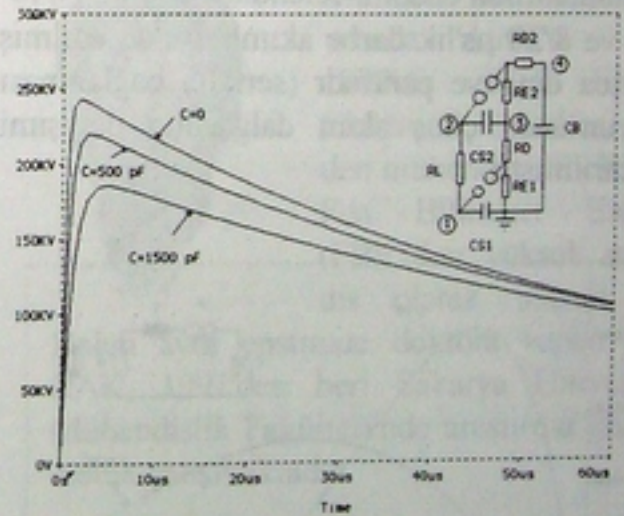
Şekil 3. Tek katlı darbe üretecinde endüktansın etkisi.

İncelemelerden endüktansın varlığının, değerinin ve devre içinde ortaya çıktığı yerin,

darbe geriliminin değişimine etki ettiği ve salınımlar oluşturduğu görülmüştür. Bu inceleme, devre, deney cismi ve toprak bağlantılarının endüktanssız iletkenlerle yapılmasının önemini görmek bakımından yararlı olmuştur.

2.2.2. Çok Katlı Darbe Üreteci

Uygulamada yüksek darbe gerilimlerinin tek katlı üreteçler ile üretilebilecekleri gerilim düzeyleri sınırlıdır. Bu sınırlama çok katlı darbe üreteçleri ile aşılar. Darbe üreteçlerinden elde edilecek gerilim üretecin verimine bağlıdır. Bir darbe üretecinde verim, çıkış geriliminin giriş gerilimine oranı ile tanımlanabilir. Bu oran, üretecin darbe kondansatörünün ve çıkıştaki kapasitelerin (gerilim bölücü, deney cismi gibi kapasitelerin) değerleri ile değişir. Burada 280 kV'luk iki katlı bir darbe üretecinde yüksüz ($C=0$) ve değişik yük (deney cismi) kapasiteleri (500 pF ve 1500 pF) bağlı iken çıkış geriliminin değişimi incelenmiş ve değişimler Şekil 4'te gösterilmiştir.



Şekil 4. İki katlı bir darbe üretecinde yük kapasitesine bağlı olarak çıkış geriliminin değişimi.

Darbe üretecinin verimi ve darbe geriliminin genliği, deney cisminin kapasitesi arttıkça azalmaktadır. Yani yük kapasitesinin değeri üretecin verebileceği gerilim değerini sınırlamakta ve uygulanan gerilimin genliğini düşürmektedir. Uygulamada deney cisimlerine gerilim uygulanması işleminde ve darbe üreteçlerinin kullanımında bu durumun göz önüne alınması gerekir.

2.3. Darbe Akım Üretici

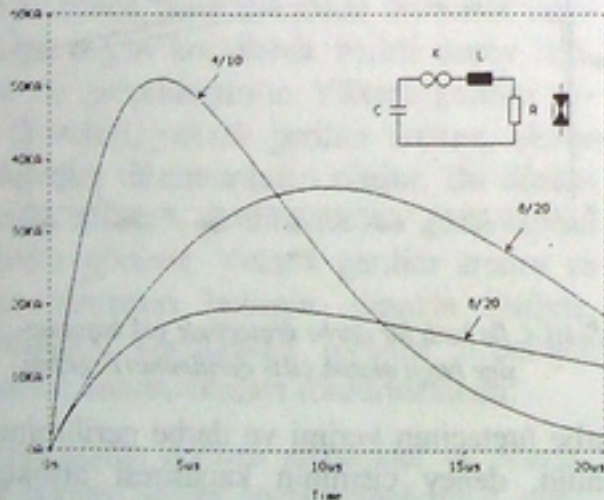
Yıldırım akımlarının benzeri laboratuvar koşullarında darbe akım üreteçleri ile üretilmektedir. Bu üreteçler parafudr deneylerinde, lineer olmayan dirençlerin incelenmesinde, elektriksel ark çalışmalarında ve yüksek akımlı boşalma olaylarının incelenmesinde kullanılmaktadır. Parafudr deneylerinde 4/10 ve 8/20 μ s'lik darbe akımları kullanılır. Darbe akımları ilke olarak bir kondansatörün doldurulması ve dolu kondansatörün seri bağlı bir endüktans ve bir direnç üzerinden boşaltılması ile elde edilir. Şekil 5'te gösterilen böyle bir darbe akım üreticinin vereceği darbe akımı

$$i = I_m \cdot e^{-\alpha t} \sin \omega t \quad (1)$$

biçiminde değişir. Bu bağıntıda

$$\alpha = \frac{R}{2L} \quad , \quad \omega = \left(\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2} \right)^{1/2} \quad (2)$$

dir /5/. Burada, bir darbe akım üreticinde darbe akımının değerine ve biçimine devre elemanlarının etkisi incelendikten sonra, 4/10 μ s ve 8/20 μ s'lik darbe akımları elde edilmiş ayrıca devreye parafudr (seri R) bağlanması durumunda çıkış akım dalgasının değişimi çıkarılmıştır.



Şekil 5. Darbe akımları ve yükün etkisi.

Şekil 5'ten görüldüğü gibi, darbe gerilimi üreteçlerinde görülen deney cisimlerinin kapasitif etkisinin yerini darbe akım üreteçlerinde deney cisminin direnci almaktadır. Deney cismi

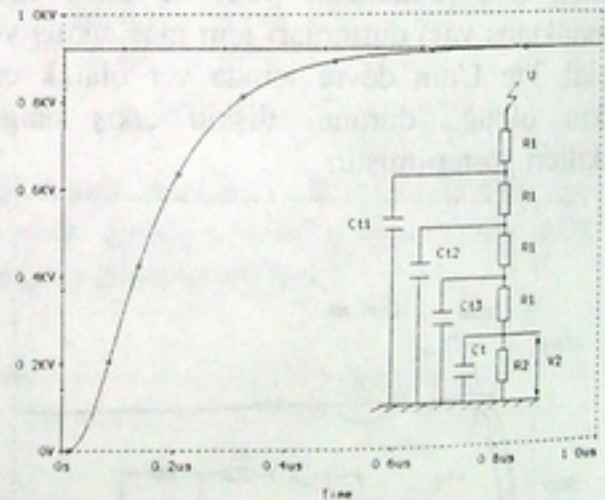
direncinin büyümesi, üreticinin boşta verdiği darbe akımının genliğini azaltmaktadır.

2.4. Gerilim Bölücüler

Yüksek gerilim ölçme yöntemlerinden birisi de gerilim bölücülerin kullanımıdır. En basit olarak bir gerilim bölücü, yüksek ve alçak değerli iki empedansın seri bağlanmasından oluşur. Devre elemanlarının türlerine göre ohmik, kapasitif veya karma bölücüler olarak karşımıza çıkan bu devrelerden burada ilk ikisi incelenmiştir. Gerilim bölücülerin işlevi, gerilimi bölerek ölçülebilir değere indirmek ve dalga şeklini bozmadan çıkışa vermektir. Ancak uygulamada ortaya çıkan kaçak kapasite ve endüktanslar gerilim bölücülerin bu işlevlerini bozarlar /5-6/.

2.4.1. Ohmik Gerilim Bölücü

Yüksek gerilimlerde ohmik gerilim bölücülerin dirençleri oluşturulurken birden fazla direnci seri bağlamak durumu ortaya çıkar. Bu şekilde oluşan gerilim bölücülerin de toprağa ve çevresine karşı kaçak kapasiteleri söz konusu olur. Bu tür gerilim bölücülerde gerilim dağılımı doğrusallıktan ayrılır ve bölücü bir RC devresi gibi davranır /5/.

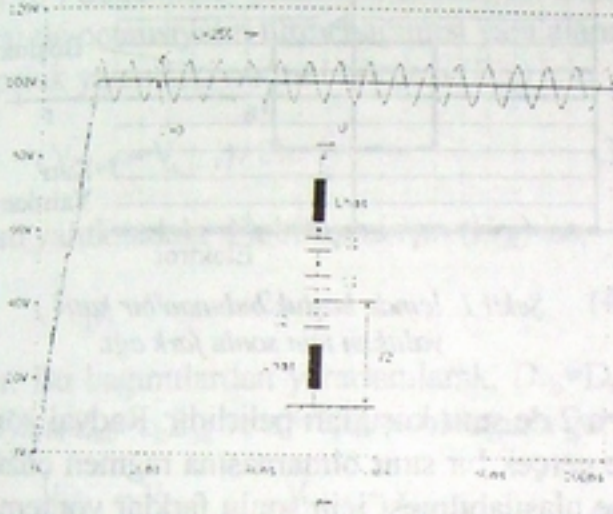


Şekil 6. Kaçak kapasiteli ohmik gerilim bölücünün dik cepheli giriş gerilimine yanıtı.

Burada toprağa göre kaçak kapasiteleri olan bir ohmik gerilim bölücü göz önüne alınmıştır. Girişine basamak fonksiyonu biçiminde sabit bir gerilim uygulanmış bu tür bir devre için yapılan incelemeden Şekil 6'da verilen çıkış elde edilmiştir.

2.4.2. Kapasitif Gerilim Bölücü

Burada darbe ve alternatif gerilimlerin ölçülmesinde yaygın olarak kullanılan kapasitif bölücülerde gerilim (hat) ve toprak bağlantı iletkenleri endüktanslarının getirdiği sakıncalar incelenmiştir. Bu şekildeki bir kapasitif gerilim bölücü göz önüne alınarak incelemeler yapılmış ve bu incelemelerden birinin sonucu Şekil 7 de gösterilmiştir.



Şekil 7. Hat ve toprak bağlantı iletkenleri endüktanslarının göz önüne alındığı bir kapasitif gerilim bölücünün dik cephe giriş gerilimine yanıtı.

Şekil 7'den görüldüğü gibi devreye giren kaçak endüktanslar bölücü çıkışında salınımlara yol açmaktadır. Bu da ölçme ve değerlendirme sorunu yaratacaktır. Bu nedenle yüksek gerilim deney devrelerinde bağlantıların endüktanssız iletkenlerle yapılması önemlidir.

3. SONUÇ

Yüksek gerilim deney devrelerinin bilgisayar destekli incelenmesine örnekler verilen bu çalışmadan görüldüğü gibi uygulamada ortaya çıkan kaçak kapasite, endüktans ve dirençler de dahil çok yönlü devre çözümlemesi yüksek gerilim sakıncası ve deney zorlukları olmaksızın bilgisayar yardımıyla yapılabilir, devre elemanlarının etkileri ve devrelerin davranışları incelenebilir.

4. KAYNAKÇA

- 1/ SUTHAR, J., LAGHARI, J., SALUZZO, T.J., Usefulness of Spice in High Voltage Engineering Education, IEEE Trans. on

Power Systems, Vol.6, No.3, pp. 1272-1278, Aug. 1991.

- 2/ PRIGOZY, S., Novel Applications of SPICE in Engineering Education, IEEE Trans. on Education, Vol.32, No.1, pp. 35-38, Feb. 1989.
- 3/ RASHID, M. H., Spice for Circuits and Electronics Using PSpice, Prentice-Hall, Inc., Singapore, 1990.
- 4/ BAYRAK, M., Yüksek Gerilim Laboratuvarlarının Tasarımı ve Deney Devrelerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Ens., İstanbul, 1993.
- 5/ NAIDU, M. S., KAMARAJU, V., High Voltage Engineering, Tata McGraw-Hill Pub. Co.Ltd., New Delhi, 1990.
- 6/ KHALIFA, M., High-Voltage Engineering Theory and Practice, Marcel Dekker Inc., New York, 1990.



Mehmet BAYRAK, 1968 yılında İzmit'te doğdu. 1990'da İTÜ Elektrik-Elektronik Fakültesi (EEF) den mühendis, 1993'de İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü (FBE)'den yüksek mühendis olarak mezun oldu. Halen aynı enstitüde doktora yapan BAYRAK, 1991'den beri Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi'nde araştırma görevlisi olarak çalışmaktadır.



Özcan KALENDERLİ, 1956 yılında İstanbul'da doğdu. İTÜ EEF'den 1978 de mühendis, 1980'de yüksek mühendis olarak mezun oldu. 1990'da İTÜ FBE'de doktora çalışmalarını tamamladı. İTÜ EEF EMB'de 1979-1991 yılları arasında mühendis olarak çalışan KALENDERLİ, 1991'den beri aynı Bölümde yardımcı doçent olarak görev yapmaktadır.