

BÖLÜM 1

ELEKTRONİK ELEMANLARIN MODELLENMESİ VE SİMÜLASYON

1.1. Giriş, Simülasyon kavramı

Bilgisayarların ve buna bağlı olarak bilgisayar programlarının gelişmesiyle bilgisayar destekli tasarım gittikçe önem kazanarak ön plana çıkmıştır. Böylece, çeşitli mühendislik alanlarında kullanılmak üzere çok sayıda bilgisayarla simülasyon programı ortaya çıkmış ve yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Elektrik mühendisliği alanında da yine çok sayıda simülasyon programı geliştirilmiştir. Bunlardan bazıları (SPICE, SUPREM) günümüzde bütün dünyada yaygın olarak kullanılan programlardır.

Bilgisayar destekli tasarımın veya elektrik devrelerinin ve elektronik devrelerin bilgisayarla simüle edilmesinin sağladığı yarar, tasarımcının laboratuvar ölçmeleri ile elde etmesinin olanaksız olduğu sonuçların simülasyonla kolayca elde edilebilmesidir. Tasarımcı bilgisayar kullanarak:

- gerçek bir devrede ölçü probunun yaptığı gibi devreyi yüklemeksizin, akım ve gerilimlerin dalga şekillerini ve frekans cevabını izleyebilir;
- çeşitli eleman parametrelerinin devre üzerine etkilerini birbirinden ayırmak ve izole etmek üzere, sonsuz band genişliğine ve kazanca sahip elemanlar kullanabilir;
- bir deney plaketinin yahut board'unun getireceği parazitik etkiler olmaksızın bir tümdevrenin yüksek frekanslardaki davranışını inceleyebilir;
- çok hızlı darbeler veya darbelerle sinüzoidal işaretlerin karışımı gibi ideal dalga şekillerini bir devreye uygulayabilir;
- devrenin temel yapısını anlayabilmek üzere doğru akım kısmını diğer bölümden ayırabilir;
- doğru gerilim seviyelerini bozmadan bir geribesleme çevrimini açabilir;

1.2

-çok geniş bir yapıya sahip devreler için bile transfer fonksiyonunun sıfırlarını ve kutuplarını bulabilir;

-gürültü, duyarlık, en kötü hal analizlerini ve istatistiksel analiz yapabilir.

Bütün bunlardan anlaşılacağı gibi, bilgisayarla simülasyon bir anlamda en iyi ölçü yöntemi olmaktadır. Ancak, simülasyon sonuçlarının doğru olabilmesi için, elemanları temsil eden modellerin de yeteri kadar doğru olması gerekeceği açıktır. Başka bir deyişle, model ne kadar iyi kurulmuşsa, bilgisayarla simülasyon da o derece doğru sonuç verecektir.

1.2. Model kavramı

Elektronikte kullanılan aktif devre elemanları lineer olmayan devre elemanlarıdır. Dolayısıyla, bu elemanları temsil eden modellerin de lineer olmayan modeller olacakları, bu nedenle bunlardan elde edilecek devre denklemlerinin de nonlinear devre denklemleri olacakları kolayca fark edilebilir.

Aktif bir elektronik devre elemanında, elemanın davranışını etkileyen çok sayıda fiziksel olay bulunmaktadır (örneğin bipolar tranzistorda Early olayı, Sah olayı, kolektör çoğaltması olayı gibi). Elemanın lineer olmayan davranışının iyi bir biçimde modellenmesi için, bütün bu fiziksel olayların lineer olmayan modelin kapsamı içerisine alınması gerekir. Bu durumda ise, her bir olayın temsil edilmesi için ayrı ayrı parametreler kullanılması gerektiğinden, model parametrelerinin sayısının artması kaçınılmazdır.

Modellerin doğruluk kriteri olarak alınabilecek çeşitli özellikleri bulunmaktadır. Bunlardan biri ve en yaygın olarak başvurulanı, elemanın hesap sonucu bulunan özgeçirilerinin ölçü sonucu bulunan özgeçirileriyle uyumlu olmasıdır. Günümüzde yaygın olarak kullanılan modeller bu düşünceye dayanılarak geliştirilmişlerdir. Diğer bir yol ise, elemanın küçük işaret parametrelerinin, bir başka deyişle akım-gerilim bağıntılarının uç gerilimlerine yahut akımlarına göre kısmi türevlerinin, çalışma akım ve gerilimleriyle değişimleri için ölçü ve hesapla bulunacak değerler arasındaki tutarlılıktır. Türevler özgeçirilerin eğimlerini verdiğine göre, bu uyumluluğun sağlanması halinde modelin elemanı doğru olarak temsil edeceği açıktır. Bununla ilişkili başka bir yöntem de, elemanın oluşturduğu lineer olmama distorsiyonu için elde edilen ölçü ve hesap sonuçlarının uyumluluğunun araştırılmasıdır. Bu

uyumluluk ne kadar iyi sağlanıyorsa, model de elemanı o kadar iyi temsil ediyor demektir.

Lineer olmayan bir modelin parametrelerini iki ayrı grupta toplamak mümkündür. Bunlar statik ve dinamik model parametreleri olarak isimlendirilirler. Statik parametreler elemanın doğru akım davranışını incelemek, dinamik parametreler de geçici hal ve frekans cevabı analizleri için öngörülen parametrelerdir. Statik parametrelerin tek başlarına söz konusu oldukları hallerde lineer olmayan cebirsel denklem takımlarının çözümü, dinamik parametrelerin de işin içine girmesi halinde ise, bunun yanısıra, nonlinear diferansiyel denklemlerin çözümü gerekli olmaktadır. Dolayısıyla, model kapsamı genişledikçe, çözüm yöntemleri de karmaşıklaşmakta ve nümerik yöntemler kaçınılmaz hale gelmektedir.

Günümüzde kullanılan en ucuz tümdevre blokları bile oldukça karmaşık bir yapıda olmaktadır. Bu nedenle, söz konusu devrelerin simülasyonunu yapmak oldukça güçleşmektedir. Simülasyon masrafı olarak tanımlanabilecek bu sorunu azaltmanın yolu, bu tümdevreler için uç büyüklüklerini aslına uygun bir biçimde veren makromodeller geliştirmektir.

Bu kitapta, lineer olmayan temel elektronik elemanlardan diyot, bipolar tranzistor, JFET ve MOSFET'e ilişkin lineer olmayan modeller, işlemsel kuvvetlendirici, işlemsel geçiş iletkenliği kuvvetlendiricisi, akım taşıyıcı ve analog çarpma devresi gibi analog işlem bloklarının makromodelleri ayrıntılı bir biçimde ele alınacak, modellerin hangi noktadan hareketle oluşturulduğu gösterilecek, doğruluk kriterleri incelenecek, model parametrelerinin nasıl ölçüleceği verilecektir.

KAYNAKLAR

- [1] D. Leblebici, Geliştirilmiş Bir Ebers-Moll modeli, Rapor-80.14., İTÜ Elektrik Fakültesi, 1980.
- [2] H. Kuntman, Ebers-Moll modeli üzerinde yeni bir modifikasyon (Doktora Tezi), İTÜ Elektrik Fakültesi, 1982.
- [3] H. Kuntman, Modified Ebers-Moll model, Electronics Letters, Vol.18, No.7, pp.293-294,1982.
- [4] H. Kuntman: Novel modification on SPICE BJT model to obtain extended accuracy, IEE Proc. Pt-G, Vol.138, pp.673-678,1991.
- [5] A. Zeki and H. Kuntman: New MOSFET model suitable for analogue IC analysis,

- International Journal of Electronics, Vol.78, No.2, pp.247-260, 1995.
- [6] H. Kuntman: Improved representation of channel-length modulation in junction field-effect transistors, International Journal of Electronics, Vol.75, No.1, pp.57-64, 1993.
 - [7] H. Kuntman: Simple and accurate nonlinear OTA macromodel for simulation of CMOS OTA- C active filters, International Journal of Electronics, Vol.77, No.6, pp.993-1006, 1994.
 - [8] N. Tarım, B. Yenen, H. Kuntman: Simple and accurate nonlinear current conveyor macromodel for simulation of active filters using CCIIIs, International Journal of Circuit Theory and Applications, 26, pp.27-38, 1998.