

SANALDOKU TABANLI ELEKTRONİK DEVRE BENZETİM PROGRAMI TASARIMI

E. Fatih YETKİN¹

Hasan DAĞ²

^{1,2}Hesaplamalı Bilim ve Mühendislik Yüksek Lisans ve Doktora Programı
Bilişim Enstitüsü

İstanbul Teknik Üniversitesi, 80626, Maslak, İstanbul

¹e-posta: fatih@be.itu.edu.tr

²e-posta: dag@be.itu.edu.tr

Anahtar sözcükler: Devreler ve Sistemler, Bilgisayar Uygulamaları

ABSTRACT

In this paper, we develop a new web-based electrical circuit simulation software with an open-source development tool, Python. Basic circuit analysis techniques are used to develop the software.

Web-based education is very important technique in engineering education. Therefore web-based simulation tools must be developed for more pedagogic e-lectures. The prior aim of our study is develop a powerfull and open-source tool for web-based electrica engineering education.

1. GİRİŞ

Devre benzetim programları; devre teorisi, graf teori, yarıiletkenler fiziği, sayısal analiz ve yazılım temelleri üzerinde kurulmuştur. Elektronik devrelerin analiz ve sentezinde bilgisayar ortamının kullanılması üzerine 1950' li yıllardan beri pekçok çalışma yapılmıştır. Özellikle yarıiletken teknolojisindeki gelişmeler ve çok büyük ölçüde tümleştirilmiş (Very Large Scale Integration – VLSI) devrelerin gündeme gelmesi ile tasarım sırasında karşılaşılan matematiksel yapıların elle çözülmesi olanaksız hale gelmiştir. Birbirini koşut olarak besleyen bir süreç ile daha üstün hesaplama ortamları oluşturuldukça, daha iyi bir tümdevre tasarlayabilecek yazılımlar geliştirilmiştir. GnuCAP, SPICE v.b. yazılımlar bu konuda verilebilecek örneklerdir [1-2].

Özellikle günümüzde devre benzetim programları, devre tasarımında ve dolayısıyla elektrik-elektronik mühendisliği eğitiminde vazgeçilmez bir yer kazanmış durumdadır.

Bu çalışmada, sanaldoku üzerinden gerçekleştirilecek devre analizi ve sentezi derslerine yardımcı olacak bir devre benzetim programının

CGI (Common Gateway Interface) tekniği ve Python betik dili aracılığı ile gerçekleştirilmesi amaçlanmıştır ve bu işlemin gerçekleştirilmesi sırasında yararlanılmış olan matematiksel yöntemler üzerinde durulmuştur.

2. DEVRE DENKLEMLERİ

Elektronik devrelerinde karşılaşılabilecek olan tüm yapılar düğüm analizi yöntemleri ile doğrusal denklem takımının çözümü problemine indirgenebilmektedir.

$$\mathbf{Ax} = \mathbf{b} \quad (1)$$

Yukarıdaki bağıntısında \mathbf{A} , $(n \times n)$ boyutlu iletkenlik matrisini, \mathbf{x} $(n \times 1)$ boyutlu bilinmeyen düğüm gerilimleri vektörünü ve \mathbf{b} de $(n \times 1)$ boyutlu giriş akımları vektörünü göstermektedir. Devrede doğrusal olmayan elemanlar bulunması durumunda ise bu elemanlar öncelikle Newton-Raphson v.b. yöntemler yardımı ile doğrusallaştırılırlar ve doğrusal devrelerdeki benzer biçimde düğüm analizi yöntemleri ile (1) nolu bağıntıdaki yapıya taşınırlar. Benzer şekilde aktif elemanların bulunduğu devrelerde ortaya çıkacak olan sıradan diferansiyel denklemler de çeşitli sayısal integrasyon yöntemleri (Euler, Trapez, v.b.) ile doğrusal denklem takımı yapısına getirilebilmektedir [3].

Bilgisayar destekli devre analizinde, D.A. (Doğru akım) düğüm analizinin karşılığı, Kirchhoff Akım / Gerilim Yasaları ve elemanların uç denklemleri



Şekil-1. Direnç Elemanı

yardımı ile, temel doğrusal devre elemanlarına ait şablon yapılar elde etmektir. Böylece devreye ait bilgi programa verildiğinde, ilgili devre elemanının katsayılar matrisi ve sağ yan vektöründe yerleşeceği konumların otomatik olarak belirlenmesi sağlanmaktadır. Örnek olarak Şekil-1'deki gibi bir direncin devre matrisi içerisinde alacağı konumu gözönüne aldığımızda; V_i düğümü ile V_j düğümü arasında bulunan R direnci üzerine elemanın uç denklemini uygulamamız halinde $G=1/R$ olmak üzere (2) nolu eşitlik elde olunacaktır.

$$(V_j - V_i)G = I_{ji} \quad (2)$$

Yine benzer şekilde elemanın üzerinden V_j 'den V_i 'e doğru akan akımı düşünecek olursak (2) ifadesinin tersi olacak olan (3) elde edilir.

$$(V_i - V_j)G = I_{ij} \quad (3)$$

Böylelikle R direnç elemanının devre matrisi üzerindeki tüm etkisini bir şablon ile gösterebiliriz. Bu yapı G, iletkenlik olmak üzere (4) bağıntısı ile verilmektedir.

$$\begin{array}{c} i \\ j \end{array} \begin{array}{|c|c|} \hline & \begin{array}{c} i \\ j \end{array} \\ \hline \begin{array}{c} i \\ j \end{array} & \\ \hline \end{array} \quad (4)$$

Tüm diğer devre elemanları için de benzer analizler yardımı ile şablon yapılar üretmek mümkündür. Ayrıca doğrusal olmayan devre elemanları için de Newton-Raphson yöntemi veya diğer yöntemler yardımı ile doğrusal devre elemanları cinsinden eşdeğer yapılar üretilip benzer matrisel yapılar kurulabilir.

Kurulan bu yapılar yardımı ile devre denklemleri elde edilmektedir. Bu yapının çözüm üretemeyeceği durumlar için ise değiştirilmiş düğüm analizi yöntemi geliştirilmiştir [4-5]. Bu yöntemle, akımı bilinmeyen ya da önem taşımayan yapılar için, devre matrisine, bilinmeyen vektörüne ve sağ yan vektörüne, ilgili elemanın fiziksel yapısından kaynaklanan elemanlar eklenerek ortaya çıkan denklem takımı çözümlenmektedir. Örneğin, devre bağımsız gerilim kaynağı içeriyorsa değiştirilmiş düğüm analizi yöntemi uygulanır. Bağımsız gerilim kaynağının değiştirilmiş düğüm analizinde alacağı karşılık indirgenmiş düğümler matrisine eklenen bir harici satır ve sütun ile verilmiştir. Burada eklenmiş olan satır ile bir anlamda gerilim kaynağına ait Norton dönüşümü işlemi yapılmaktadır.

Bu çalışmada geliştirilmiş olan yazılım, şimdilik sadece D.A. analiz işlemlerini gerçekleştirmektedir. Ancak daha sonraki sürümlerde geçiş analizi, frekans bölgesi analizi, duyarlılık analizi yetilerinin de eklenmesi düşünülmektedir.

3. SANALDOKU TABANLI EĞİTİM

Sanal eğitimin en temel yararları arasında değişik eğitim seçeneklerinin sunulması, fırsat eşitsizliğinin en aza indirilmesi, öğretim elemanı açığının kapatılması, kitle eğitiminin kolaylaştırılması, eğitim kalitesinde standartlaşmanın sağlanması sayılabilir [6].

Mühendislik eğitimi, esasen uygulamalar ve deneyler ile desteklenmesi halinde etkin kılınabilecek bir yapıdır. Öğrencinin teorik altyapısı temel dersler ile sağlamlaştırılırken, uygulamalar ve pratik çalışmalar ile öğrencinin kavramları tam olarak algılaması, uygulamaya dönük olarak sağlanmalıdır.

Deneysel çalışma ortamlarının kurulması tüm mühendislik dalları için, yüksek maliyetler isteyen bir işlemdir. Bu nedenle deneysel çalışmanın sanal ortam ve yazılım teknolojilerinden yararlanılarak kurulması hem öğrenciye hem de öğretim üyesine çalışma esnekliği kazandırmakta ve eğitimin maliyetini düşürmektedir.

Ayrıca sanaldoku tabanlı eğitimin öğrenme etkinliğini artırdığı da Tablo-1 ile açıkça görülmektedir [7].

Tablo-1. Öğrenme biçimleri ve etkinlikleri

ÖĞRENME TÜRÜ	ETKİNLİĞİ(%)
KONFERANS	5
OKUMA	10
DUYUMSAL DESTEK	20
GÖSTERİ	30
TARTIŞMA GRUBU	50
UYGULAMALI	75
BİRLİKTE ÖĞRENME/HEMEN KULLANMA	80

Tablo-1'den de görülebileceği gibi, etkin öğrenimi belirleyen en temel durum; uygulamalı ve etkileşimli öğrenme yöntemleri olmaktadır. Bu nedenle sanaldoku üzerinden kurulacak iyi bir sistem ile, hem öğretim üyesi hem de öğrenci için etkin, zamandan bağımsız bir öğrenim sistemi yaratılabilir.

4. YAZILIMIN YAPISI

Bu çalışmada geleneksel benzetim programlarının dışında, eğitim amaçlı ve sanaldoku tabanlı bir yazılım geliştirilmesi hedeflenmiştir. Bu amaçla CGI tabanlı olarak Python programlama dili kullanılmıştır. Python programlama dilinin seçilmesinin nedeni; nesne tabanlı bir betik dili olmasının yanında bilimsel hesaplama ve CGI için geliştirilmiş pek çok modüle sahip olmasıdır [9].

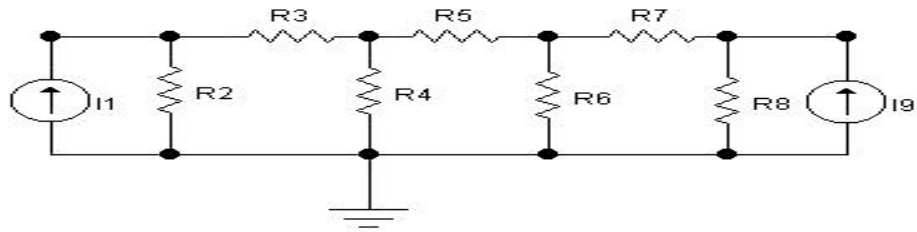
Ayrıca Python GNU lisansına sahip olan ücretsiz bir geliştirme ortamıdır [10]. Böylelikle açık kaynak kodlu bir yapı kurularak kullanıcıya mevcut yapıyı iyileştirme imkanı tanınmaktadır.

Program ile şimdilik kullanıcının varolan bir devre için Tablo-2 'dekine benzer biçimde hazırlanacak olan bir metin dosyasını giriş olarak kullanma şansı verilmektedir. Daha sonraki sürümlerde ise kullanıcının doğrudan sayfa üzerinden giriş yapmasına olanak tanıyacak yapılar kurulacaktır. Program, SPICE benzeri bir devre bildirim dosyasını işlemektedir. Bu durum ile ilgili örnek 5. bölümde Tablo-2 ile aktarılmıştır.

Devre ile ilgili bilgiler programa verildikten sonra, düğüm analizi yöntemleri yardımı ile devre denklemleri kurulmaktadır. Bu aşamanın ardından ise katsayılar matrisinin özdeğerleri ve devre denklemlerinin çözümü hesaplanmaktadır. Bu aşamalara yönelik bir uygulama bir sonraki bölümde aktarılmaktadır.

5. UYGULAMA

Uygulama olarak yedi adet direnç ve iki akım kaynağından oluşan bir doğrusal direnç devresi seçilmiştir. Bu devre yapısı Şekil-2 ile verilmektedir. Bu devreye ait SPICE benzeri bildirim dosyası ise Tablo-2 'de sunulduğu gibi olacaktır.



Şekil-2. Örnek Devre

Tablo-3. Karşılaştırmalı Sonuçlar

Düğüm	Düğüm gerilimleri (CGI/PYTHON)	Düğüm gerilimleri (EWB)
V ₁	6.6667	6.6667
V ₂	3.3333	3.3333
V ₃	3.3333	3.3333
V ₄	6.6667	6.6667

Tablo-2. Devre Bildirim Biçemi

Eleman adı	İlk düğüm	Son düğüm	Değer
I1	1	2	10
R2	2	1	1
R3	2	3	1
R4	3	1	1
R5	3	4	1
R6	4	1	1
R7	4	5	1
R8	5	1	1
I9	1	5	10

Tablo-2 'deki bildirim dosyası üzerinden 4 ile verilmiş olan eleman şablonları kullanılarak devre denklemleri elde edilmektedir. Son olarak da sonuçlar üretilmekte ve her bir düğüm noktasına ait gerilim değeri vektörel olarak elde edilmektedir. Burada örnek olarak seçilmiş olan doğrusal direnç devresine ait indirgenmiş düğüm denklemleri ise 5'de verildiği gibi elde edilmiştir.

$$\begin{bmatrix} 2 & -1 & 0 & 0 \\ -1 & 3 & -1 & 0 \\ 0 & -1 & 3 & -1 \\ 0 & 0 & -1 & 2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \\ V_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 10 \\ 0 \\ 0 \\ 10 \end{bmatrix} \quad (5)$$

Ayrıca benzetim yazılımından elde edilen sonuçlar ile Electronics Workbench-v5.0 [11] ile elde edilen sonuçların karşılaştırılması da Tablo-3 ile verilmiştir. Son olarak dosyanın seçilmesi işleminin yapıldığı sanaldoku sayfası da Şekil-3 ile verilmiştir.

6. SONUÇ

Bu çalışmada sanaldoku tabanlı bir devre benzetim programının tasarlanması üzerinde durulmuştur. Böylelikle elektrik-elektronik mühendisliği eğitiminde temel ders niteliğinde olan devre analizi ve tasarımı derslerinin sanal ortamda etkin bir şekilde verilebilmesi için temel altyapının kurulması sağlanacaktır. Ayrıca benzetim programlarının temel mantığı öğrenciye kazandırılacak ve açık kaynak kodlu yazılım

sayesinde temel alt yordamların nasıl işlediğinin paylaşımı söz konusu olacaktır. Böylelikle öğrencinin temel devre analizi yanında, sayısal analiz ve bilgisayar programlama yetilerinin de geliştirilebileceği öngörülmüştür.

Henüz tamamlanmamış olan çalışma kapsamında, gelecekte, tüm analiz biçimlerinin yapı içerisine katılması ve aynı yapının çalıştırılabilir bir GNU/Linux paketi olarak hazırlanması öngörülmektedir.



Şekil-3. Yazılımdan bir görüntü

7.KAYNAKLAR

- [1] <http://www.geda.seul.org/tools/gnuicap/>
- [2] <http://bwrc.eecs.berkeley.edu/Classes/IcBook/SPICE/>
- [3] McCalla, W. J. *Fundamentals of Computer – Aided Circuit Simulation*, Kluwer Academic Publishers, Boston, 1988
- [4] Pillage, L. T., Rohrer R. A. ,Visweswariah, C., *Electronic Circuit and System Simulation Methods* , McGraw- Hill Inc. , USA. , 1995
- [5] *Circuit Analysis, Simulation and Design*
Editor: Ruehli, A. E., North - Holland, Amsterdam, 1986
- [6] Varoğlu A. K. , Ercil Y., *Yönetici Eğitiminde Modern Eğitim Yöntem ve Teknolojilerinin Kullanılması*, Kara Harp Okulu, Ankara, 1996
- [7] Farinetti, I., *New Technologies and Education*, Internet-based Multimedia for Training and Education. 4-9 Ekim 1999, Antalya
- [8] Laningham, I. V., *Teach yourself Python in 24 Hours*, Macmillan Computer Publishing, indianapolis, 2000
- [9] <http://www.python.org>
- [10] <http://www.gnu.org>
- [11] <http://www.interactiv.com>