

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**SANAL ELEKTRİK MAKİNALARI LABORATUARININ
OLUŞTURULMASI**

Erkan TANYILDIZI

Tez Yöneticisi
Yrd. Doç. Dr. Ahmet Orhan

Doktora Tezi
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Ana Bilim Dalı

ELAZIĞ, 2007

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**SANAL ELEKTRİK MAKİNALARI LABORATUARININ
OLUŞTURULMASI**

Erkan TANYILDIZI

Doktora Tezi
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Bu tez, tarihinde, aşağıda belirtilen jüri tarafından oybirliği / oyçokluğu ile başarılı / başarısız olarak değerlendirilmiştir.

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Ahmet ORHAN	
Üye: Prof. Dr. Güngör BAL	
Üye: Doç. Dr. Erhan AKIN	
Üye: Doç. Dr. Hanifi GÜLDEMİR	
Üye: Yrd. Doç. Dr. Mehmet ÖZDEMİR	

Bu tezin kabulü, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu 'nun/...../ 2007 tarih ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışması süresince yardımlarını ve desteğini esirgemeyen, değerli fikirleriyle bana yol gösteren tez yöneticim Sayın Yrd. Doç. Dr. Ahmet ORHAN' a en içten teşekkür ve şükranlarımı sunarım.

Yine tez çalışması boyunca değerli fikirlerinden ve tecrübelerinden yararlandığım Sayın Doç. Dr. Erhan AKIN' a çok teşekkür ederim. Ayrıca çalışmam boyunca yardımlarını esirgemeyen, bilgisini paylaşan ve samimi önerilerde bulunan Sayın Doç. Dr. Hanifi GÜLDEMİR' e, çalışmamda bana yardımcı olan Sayın Yrd. Doç. Dr. Servet TUNCER'e, Sayın Yrd. Doç. Dr. Beşir DANDIL' a, her konuda beni destekleyen ve yardımcı olan Öğr. Gör. Cafer BAL' a teşekkürlerimi borç bilirim.

Sıcak bir çalışma ortamı oluşturan Elektronik-Bilgisayar Eğitimi bölümünün bütün üyelerine de teşekkür ederim.

Son olarak çalışmalarım boyunca gösterdikleri sabır ve desteklerinden, sağladıkları huzurlu çalışma ortamından dolayı anneme, babama, kardeşlerime, sevgili eşime ve canım çocuklarıma şükranlarımı sunarım.

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER	I
ŞEKİLLER LİSTESİ	III
TABLolar	VIII
SİMGELER.....	IX
KISALTMALAR	XI
ÖZET	XII
ABSTRACT	XIII
1. GİRİŞ	01
1.1. Genel	01
1.2. Tezin Amacı	04
1.3. Tezin Yapısı	07
2-SANAL UYGULAMA ORTAMI	09
2.1. Giriş.....	09
2.2. Sanal Uygulama Ortamını Oluşturmak İçin Kullanılan Araçlar	09
2.3. Sanal Uygulama Ortamının Yapısı	12
3. SANAL UYGULAMAYA AİT MATEMATİKSEL MODELLERİN ELDE	
EDİLMESİ.....	15
3.1. Giriş.....	15
3.2. Fırçasız Doğru Akım Motorunun(FDAM) d-q Referans Çatı Modeli	15
3.3. Asenkron Motorun d-q Referans Çatı Modeli.....	18
3.3.1. Asenkron Motorda Manyetik Doyum Etkisini İçeren Matematiksel Model.....	21
3.4. Senkron Motor	23
4. SANAL ELEKTRİK MAKİNALARI LABORATUAR ORTAMI.....	27
4.1. Giriş.....	27
4.2. Uygulama Bölümü	30
4.2.1. Doğrultucu Sanal Uygulaması	30
4.2.2. Evirici Sanal Uygulaması.....	34
4.2.3. FDAM Sanal Uygulaması	37
4.2.4. Sanal Laboratuar İçin Senkron Makina Uygulaması	45
4.2.4.1. Senkron Genaratör Boşta Çalışma ve Kısa Devre Deneyi Sanal Uygulaması.....	46
4.2.4.2. Senkron Motor Sanal Uygulaması	51

4.2.5. Sanal Laboratuar İçin Asenkron Makina Uygulaması	57
4.2.5.1. Asenkron Motor Boşta Çalışma ve Kısa Devre Deneyi Sanal Uygulaması	58
4.2.5.2. Asenkron Motorun Sürekli Durum Performans Karakteristikleri.....	60
4.2.5.3. Asenkron Motor Sanal Uygulaması.....	66
4.2.5.4. Asenkron Motorda Manyetik Doyum Etkisini İçeren Sanal Uygulama	72
4.3. Değerlendirme Bölümü.....	75
4.4. Sınav Bölümü.....	77
4.5. Ziyaretçi Defteri- Tartışma Forum Bölümü	80
4.6. Yönetici Bölümü	83
4.7. Duyurular-Anketler	93
5. WEB TABANLI SANAL LABORATUARIN ÖĞRENME ÜZERİNE ETKİSİ.....	96
5.1. Giriş.....	96
5.2. Başarı Testi	96
5.2. Başarı Testi İle İlgili Denencelere İlişkin Bulgular ve Yorumlar	97
6-SONUÇ	105
KAYNAKLAR	107
ÖZGEÇMİŞ.....	114

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Doğrultucuya ait ActiveX formunun tasarım görünümü	10
Şekil 2.2. Doğrultucuya ait ActiveX formunun html sayfasına aktarılmış görünümü.....	11
Şekil 2.3. Microsoft FrontPage ile oluşturulan web sayfasının görünümü	11
Şekil 2.4. Web tabanlı uygulamanın sistem yapısı	12
Şekil 2.5. Oluşturulan sanal uygulama ortamına ait modüler yapı ve bir biri ile ilişkileri	14
Şekil 3.1. FDAM'nun d-q eksenli eşdeğer devresi	16
Şekil 3.2. Doyum karakteristiği	21
Şekil 3.3. d-q bileşenlerindeki doyumun tahmini değeri	22
Şekil 3.4. Manyetik akının hesabı.....	23
Şekil 3.5. Senkron motor d-q eşdeğer devresi	24
Şekil 4.1. Sanal Elektrik Makinaları Laboratuvarı web sayfası görünümü	29
Şekil 4.2. Üyelik girişi için üyelik formu	29
Şekil 4.3. Uygulama bölümüne ait bağlantıların görünümü	30
Şekil 4.4. Doğrultucu sanal uygulamasının genel yapısı	31
Şekil 4.5. Doğrultucu referans değerlerinin verildiği bölümün görünümü	31
Şekil 4.6. Üç fazlı yarım ve tam dalga doğrultucu için benzetim sonuçları	32
Şekil 4.7. Üç fazlı yarım ve tam dalga doğrultucunun tek fazına ait benzetim sonuçları.....	33
Şekil 4.8. Üç Faz Tam Dalga Doğrultucu grafiğini büyültme işlemi	33
Şekil 4.9. Üç Faz Tam Dalga Doğrultucu grafiğinde seçilen kısmın büyütülmüş hali.....	34
Şekil 4.10. Üç Faz Tam Dalga Doğrultucu grafiğinin sınır kısımlarının kaydırılmış hali.....	34
Şekil 4.11. Evirici sanal uygulamasının genel yapısı.....	35
Şekil 4.12. Evirici referans değerlerinin verildiği bölümün görünümü	35
Şekil 4.13. Sinüs-Üçgen karşılaştırması	36
Şekil 4.14. Evirici faz ve hat gerilimlerine ait dalga şekilleri.....	36
Şekil 4.15. Tek faz veya hat gerilimi için dalga şekilleri.....	37
Şekil 4.16. FDAM sanal uygulamasının genel yapısı.....	38
Şekil 4.17. Üç fazlı doğru akım motoruna ait parametre ve referans değerlerinin verildiği bölümün görünümü	38
Şekil 4.18. Fırçasız doğru akım motoru benzetimine ait sonuçlar	39
Şekil 4.19. $\omega_{ref}=600$ rad/s, $T_L=0,5$ Nm, Yük-Zaman Aralığı = 0,2-0,5 s, Zaman=0,5 s değerleri için açısal hız, konum, moment, i_{as} , i_{bs} , i_{cs} , i_q ve i_d akımı değişimi.....	40
Şekil 4.20. $\omega_{ref}=600$ rad/s, $T_L=0,5$ Nm, Yük-Zaman Aralığı = 0,2-0,5 s, Zaman=1 s değerleri için açısal hız, moment, i_{as} ve i_q akımı değişimi.....	41

Şekil 4.21. $\omega_{ref}=600$ rad/s, $T_L=1,5$ Nm, Yük-Zaman Aralığı = 0,2-0,5 s, Zaman= 0,5 s değerleri için açısal hız, moment, i_{as} ve i_q akımı değişimi	41
Şekil 4.22. $\omega_{ref}=1000$ rad/s, $T_L=1,2$ Nm, Yük-Zaman Aralığı = 0,2-0,5 s, Zaman=1 s değerleri için açısal hız, moment, i_{as} ve i_q akımı değişimi akımı değişimi.....	42
Şekil 4.23. $\theta_{ref}=50$ rad, $T_L=0,5$ Nm, Yük-Zaman Aralığı = 0,2-0,5 s, Zaman =0,5 s değerleri için konum, moment, i_{as} ve i_q akımı değişimi	43
Şekil 4.24. $\theta_{ref}=50$ rad, $T_L=0,5$ Nm, Yük-Zaman Aralığı = 0,2-0,5 s, Zaman=1 s değerleri için konum, moment, i_{as} ve i_q akımı değişimi	43
Şekil 4.25. $\theta_{ref}=50$ rad, $T_L=1,5$ Nm, Yük-Zaman Aralığı = 0,2-0,5 s, Zaman=0,5 s değerleri için konum, moment, i_{as} ve i_q akımı değişimi	44
Şekil 4.26. $\theta_{ref}=100$, $T_L=1,2$ Nm, Yük-Zaman Aralığı = 0.2-0.5 s Zaman= 1 s değerleri için konum, moment, i_{as} ve i_q akımı değişimi	45
Şekil 4.27. Sanal Elektrik Makinaları Laboratuvarı için Senkron Motor Uygulaması sayfasının görünümü	45
Şekil 4.28. Senkron genaratörün boşa çalışma ve kısa devre deneyinin yapıldığı uygulama sayfasının görünümü	46
Şekil 4.29. Senkron genaratörün boşa çalışma deneyine ait pencerenin görünümü	47
Şekil 4.30. Senkron genaratörün kısa devre deneyine ait pencerenin görünümü	48
Şekil 4.31. Senkron makinanın boşa çalışma ve kısa devre deneyleri yardımıyla senkron empedansının hesaplandığı pencerenin görünümü	49
Şekil 4.32. Boşa Çalışma deneyi hakkında bilgi verilen pencerenin görünümü.....	50
Şekil 4.33. Kısa devre deneyi hakkında bilgi verilen pencerenin görünümü.....	50
Şekil 4.34. Senkron Motor sanal uygulamasının genel yapısı	51
Şekil 4.35. Senkron motor sanal uygulamasına ait referans değerlerin verildiği bölümün görünümü	52
Şekil 4.36. Senkron motor sanal uygulamasına ait kontrol ve benzetimi başlatma bölümünün görünümü	52
Şekil 4.37. Senkron motor sanal uygulamasına ait simülasyon süresi, anahtarlama frekansı ve yükün uygulanacağı zaman aralığının belirlendiği bölümün görünümü	52
Şekil 4.38. Senkron motorun asenkron yol vermeli olarak çalıştırılmasına ait benzetim sonuçlarının görünümü	53
Şekil 4.39. $T_L=10.000$ Nm, Yük-Zaman Aralığı = 3-4 s, Simülasyon süresi=5 s değerleri için senkron motor uygulaması asenkron yol vermeli olarak çalıştırıldıktan sonra elde edilen grafiksel sonuçlar, a) Hız, b) d-q akımları, c) Stator faz akımları, d) d-q eksenli sönüm sargısı akımları ve uyarma sargısı akımı e) d-q akıları, f) Moment	54

Şekil 4.40. $\omega_{ref}=300$ rad/s, $T_L=10.000$ Nm, Yük-Zaman Aralığı = 3-4 s, Simülasyon süresi=5 s değerleri için senkron motor uygulaması V/f kontrol olarak çalıştırıldıktan sonra elde edilen grafiksel sonuçlar, a) Hız, b) d-q akımları, c) Stator faz gerilimleri, d) Stator faz akımları, e) d-q eksenli sönüm sargısı akımları ve uyarma sargısı akımı f) d-q akıları, g) Moment.....	56
Şekil 4.41. Benzetim sonuçlarını kaydetme, kopyalama ve yazdırma penceresi görünümü	57
Şekil 4.42. Sanal Elektrik Makinaları Laboratuvarı için Asenkron Motor Uygulaması sayfasının görünümü	57
Şekil 4.43. Asenkron motorun boşa çalışma ve kısa devre deneyinin yapıldığı uygulama sayfasındaki stator direncinin ölçülmesine ait görünüm	58
Şekil 4.44. Asenkron motorun kısa devre deneyinin yapıldığı uygulama penceresinin görünümü	59
Şekil 4.45. Asenkron motorun boşa çalışma deneyinin yapıldığı uygulama penceresinin görünümü	60
Şekil 4.46. Asenkron motorun sürekli durum performans karakteristiklerine ait pencerenin görünümü	61
Şekil 4.47. Mevcut durum parametrelerine dayalı stator akımı–kayma karakteristiği	61
Şekil 4.48. Dışarıdan rotor sargılarına ilave edilen direnç değerleri için güç faktörü –kayma karakteristiği.....	62
Şekil 4.49. Değişik stator faz gerilimleri için giriş gücü-kayma karakteristiği	63
Şekil 4.50. Değişik kaynak frekansları için moment-kayma karakteristiği (V sabit)	63
Şekil 4.51. Değişik kaynak gerilimleri için moment-kayma karakteristiği (V/f sabit).....	64
Şekil 4.52. Değişik kaynak frekansları için çıkış gücü- kayma karakteristiği (V/f sabit).....	65
Şekil 4.53. Değişik kaynak gerilimi ve frekansları için moment-kayma karakteristiği (V/f sabit)	65
Şekil 4.54. Asenkron Motor sanal uygulamasının genel yapısı.....	66
Şekil 4.55. Asenkron Motor referans değerlerinin girildiği pencerenin görünümü	67
Şekil 4.56. Asenkron Motor PI kontrol değerlerinin girildiği pencerenin görünümü.....	67
Şekil 4.57. Asenkron motor sanal uygulamasına ait kontrol ve benzetimi başlatma bölümünün görünümü	67
Şekil 4.58. Asenkron motor sanal uygulamasına ait simülasyon süresi, anahtarlama frekansı, yükün uygulanacağı zaman aralığı ve yük tipinin belirlendiği bölümün görünümü.....	68
Şekil 4.59. Asenkron motor sanal uygulamasının Açık Çevrim olarak çalıştırılmasına ait benzetim sonuçlarının genel görünümü	68
Şekil 4.60 Asenkron motorun açık çevrim olarak çalıştırılması sonucunda elde edilen grafiksel sonuçlar, a) Hız, b) Stator faz akımları, c) Stator akısı, d) Stator i_q akımı, e) Moment	70

Şekil 4.61. Asenkron motorun vektör kontrol olarak çalıştırılması sonucunda elde edilen grafiksel sonuçlar, a) Hız, b) Stator akımları, c) Stator akısı d) Stator i_q ve i_d akımı, e) Moment	72
Şekil 4.62. Doyumun etkisinin sisteme ilave edilmesi için mıknatıslanma akımı ve akısının girildiği pencerenin görünümü	72
Şekil 4.63. Manyetik doyum ilave edildiği sanal uygulamaya ait sonuçların görünümü	73
Şekil 4.64. Sanal uygulamaya ait manyetik doyumun etkisinin ilave edilmesi sonucunda elde edilen grafiksel sonuçlar; a) Hız (ω_r), b) Stator akımı (i_{as}), c) Stator akısı (f_{iqs}), d) Stator i_q akımı, e) Moment (T_e)	75
Şekil 4.65. Sanal uygulamaya ait moment ve fan yükünün değişimi	75
Şekil 4.66. Değerlendirme testi sayfası	76
Şekil 4.67. Değerlendirme testinin bitirilmesi	76
Şekil 4.68. Test sonuçları sayfası	77
Şekil 4.69. Sınavı başlatma ekran	78
Şekil 4.70. Sınav soru ekranı	78
Şekil 4.71. Sınav bitiş ekranı	79
Şekil 4.72. Sınav sonuç ekranı	80
Şekil 4.73. Ziyaretçi defterinin görünümü	81
Şekil 4.74. Ziyaretçi defterine mesaj girme sayfası	81
Şekil 4.75. Tartışma Forum sayfasının görünümü	81
Şekil 4.76. Tartışma Forum sayfasında bulunan bir konunun içeriğinin görünümü	82
Şekil 4.77. Tartışma konusuna cevap yazmak için oluşturulan formun görünümü	82
Şekil 4.78. Yönetici sayfasının görünümü	83
Şekil 4.79. Ziyaretçi Defterinde bulunan mesajları silmek için oluşturulan sayfanın görünümü	83
Şekil 4.80. Tartışma Forum sayfasında bulunan mesajları silmek için oluşturulan sayfanın görünümü	84
Şekil 4.81. Tartışma Forum sayfasındaki tartışma konusunun belirlendiği sayfanın görünümü	84
Şekil 4.82. Sınav düzenleme ekranı	85
Şekil 4.83. Soru ekleme sayfası	85
Şekil 4.84. Soruya ait resim ekleme sayfası	86
Şekil 4.85. Soru içerisine resmin eklenmiş hali	86
Şekil 4.86. Soru için açıklama ekleme sayfası	87
Şekil 4.87. Sınav seçme ekranı	87

Şekil 4.88. Yapılacak sınavın sorularını seçme ekranı	88
Şekil 4.89. Mevcut soruları düzenleme ekranı.....	89
Şekil 4.90. Tüm kayıtları görmek için oluşturulan ekran	90
Şekil 4.91. Veritabanında bulunan tüm kayıtlar	90
Şekil 4.92. Soru Sil sayfasının görünümü.....	91
Şekil 4.93. Silinecek sınava ait tüm kayıtların görüntülediği sayfanın görünümü	91
Şekil 4.94. Sınava katılan öğrencilere ait sonuç sayfası görünümü.....	92
Şekil 4.95. Sanal ortamı oluşturan sayfalarda kullanıcıların kalma sürelerini gösteren sayfanın görünümü.....	93
Şekil 4.96. Sayfada bulunan Duyurular ve Anketlerin görünümü	94
Şekil 4.97. Anket_1 sonuçlarının görünümü	94
Şekil 4.98. Anket_2 sayfasının görünümü.....	95

TABLÖLAR

Tablo 5.1. Başarı Testini Oluşturan Maddelerin Güçlük İndisleri (P)	97
Tablo 5.2. Başarı Testi Analiz Sonuçları.....	97
Tablo 5.3. Deney Grubunun Başarı Testi Öntest-Sontest Puanlarına İlişkin Eşli Gruplar t-Testi Sonuçları.....	98
Tablo 5.4. Kontrol Grubunun Başarı Testi Öntest-Sontest Puanlarına İlişkin Eşli Gruplar t-Testi Sonuçları.....	98
Tablo 5.5. Deney ve Kontrol Gruplarının Başarı Testi Öntest Puanlarına İlişkin Bağımsız Gruplar t-Testi Sonuçları	99
Tablo 5.6. Deney ve Kontrol Gruplarının Başarı Testi Sontest Puanlarına İlişkin Bağımsız Gruplar t-Testi Sonuçları	100
Tablo 5.7. Deney ve Kontrol Gruplarının Erişi Puanı Ortalamalarına İlişkin Bağımsız Gruplar t-Testi Sonuçları	100
Tablo 5.8. Deney Grubunun Tutum Ölçeği Öntest-Sontest Puanlarına İlişkin Eşli Gruplar t-Testi Sonuçları	101
Tablo 5.9. Tutum Ölçeğine İlişkin Grupların Aritmetik Ortalamaları	102

SİMGELER

M_i	: Modülasyon genliği oranı
i	: Stator akımı, amper
R	: Stator faz direnci, ohm
L	: Stator faz öz indüktansı, henry
M	: Stator fazlar arası ortak indüktans, henry
$d-q$	: Rotor referans düzlem eksenleri
$\alpha-\beta$	: İki-faz stator sabit düzlem eksenleri
$a-b-c$	: Üç-faz stator sabit düzlem eksenleri
P_e	: Elektromanyetik güç, watt
V_{an}, V_{bn}, V_{cn}	: Faz gerilimi
V_{ab}, V_{bc}, V_{ca}	: Hat gerilimi
V_{dc}	: Doğru gerilim
V_{rms}	: Etkin değer
ω_m	: Rotor hızı (mekanik), rad/s
θ_m	: Rotor açısal konumu (mekanik), rad
Φ	: Stator sargıları toplam manyetik akısı, weber
d^s-q^s	: Duran çatı eksenleri
ω	: Mekanik açısal hızı , rad/s
ω_e	: Senkron açısal hızı, rad/s
ω_r	: Rotor açısal hızı, rad/s
θ	: Mekanik açısal konum, rad
θ_r	: Rotor açısal konumu (elektriksel), rad
θ_e	: Elektriksel açısal konum, rad
θ_{sl}	: Kayma konumu, rad
V_{as}, V_{bs}, V_{cs}	: Stator faz gerilimleri, volt
$V_{ds}^s - V_{qs}^s$	: Duran çatı eksenli stator gerilimleri, volt
$i_{ds}^s - i_{qs}^s$	: Duran çatı eksenli stator akımları, amper
$i_{dr}^s - i_{qr}^s$	: Duran çatı eksenli rotor akımları, amper
i_a	: DA motorunun endüvi akımı, amper
i_f	: DA motorunun alan akımı, amper
$i_{kq} - i_{kd}$	: Duran çatı eksenli damper akımları, amper

i_f	: Duran çatı ekseni alan veya uyartım akımı, amper
$\Psi_{ds}^s - \Psi_{qs}^s$	: Duran çatıdaki stator akıları, weber
$\Psi_{dr}^s - \Psi_{qr}^s$	: Duran çatıdaki rotor akıları, weber
Ψ_m^s	: Duran çatıdaki ortak akı bileşeni, weber
Ψ_m^{sat}	: Duran çatıdaki ortak akı bileşeni (doyum etkisi ilave edilmiş), weber
Ψ_f	: Duran çatıdaki alan akısı, weber
$\Psi_{kd} - \Psi_{kq}$	: Duran çatıdaki damper akıları, weber
L_{ls}	: Stator kaçak endüktansı, henry
L_{lr}	: İndirgenmiş rotor kaçak endüktansı, henry
L_m	: Ortak endüktans, henry
L_s	: Stator özendüktansı, henry
L_r	: İndirgenmiş rotor endüktansı, henry
L_{lf}	: Alan sargı kaçak indüktansı, henry
$L_{lkd} - L_{lkq}$	: Damper sargı kaçak indüktansları, henry
R_s	: Stator bir faz direnci, ohm
R_r	: İndirgenmiş rotor bir faz direnci, ohm
$r_{lkd} - r_{lkq}$	: Duran çatıdaki damper sargı dirençleri, ohm
r_f	: d ekseni alan direnci, ohm
T_e	: Elektromekanik moment, Nm
T_L	: Yük momenti, Nm
J	: Eylemsizlik sabiti, Kg.m ²
B	: Sürtünme katsayısı, Kg.m ² /s
ϕ_f	: Uyartım akısı, weber
p	: Kutup sayısı
f	: Alan sargı nicelikleri
k	: Damper sargı nicelikleri

KISALTMALAR

AC	: Alternatif akım
ASP	: Etkin Sunucu Sayfaları
DC	: Doğru akım
FDAM	: Fırçasız Doğru Akım Motoru
GUI	: Grafik Kullanıcı Ara Birimi
HTML	: Hiper Metin İşaret Dili
PI	: Oransal+integral denetleyici
PD	: Oransal+türevsel denetleyici
DGM, PWM	: Darbe genişlik modülasyonu
VSI	: Gerilim Kaynaklı Evirici
Web	: Dünya Çapında Ağ

ÖZET

Doktora Tezi

SANAL ELEKTRİK MAKİNALARI LABORATUARININ OLUŞTURULMASI

ERKAN TANYILDIZI

Fırat Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

2007, Sayfa: 113

Bu tez çalışmasında, eğitimsel bir araç olarak Elektrik Makinaları Laboratuar derslerine yardımcı olacak web tabanlı sanal laboratuar ortamı oluşturulmuştur. Bu sayede öğrencinin eğitimini kolaylaştıran gerçek ortamların bu sanal laboratuar ile gerçekleştirilmesi denenmiştir. Oluşturulan sanal laboratuar ortamı, modüller halinde olup her bir modül uygulama, değerlendirme ve geri bildirim katmanlarından meydana gelmiştir.

Yapılan sanal uygulama ortamı esnek ve kullanımı kolay grafiksel bir ara yüze sahiptir. Sanal uygulaması yapılan örnek modellerin parametreleri değiştirilerek farklı sonuçlar elde edilebilmektedir. Sunulan sanal laboratuar ortamı öğrencilere yardımcı olacak şekilde benzetimleri kullanmakta, kavramları görselleştirmekte ve uygulama işlemi boyunca anlık grafiksel geri beslemesini sağlamaktadır.

Ayrıca oluşturulan bu sanal ortam, eğitim-öğretim, tekrar ve alıştırma, öğrenciyi çeşitli yönlerden destekleme, simülasyon programları ile çalıştırma, etkileşimli açıklama, verileri çekici bir şekilde gösterme, bilgisayar uygulamalı ve yönlendirmeli öğrenme gibi birçok açıdan öğrenciye alacağı eğitimde katkı sağlamaktadır.

Eğitimsel bir yaklaşım benimsenerek oluşturulan sanal laboratuar, eğitim ve sunum amaçları için destekleyici bir araç olarak kullanılabilir.

Anahtar Kelimeler: Sanal laboratuar, Sanal öğrenme araçları, Asenkron motor, Senkron Motor, Fırçasız Doğru Akım Motoru.

ABSTRACT

PhD Thesis

DEVELOPMENT OF A VIRTUAL ELECTRIC MACHINERY LABORATORY

ERKAN TANYILDIZI

Firat University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Electrical and Electronics Engineering

2007, Page: 113

In this thesis, a web based virtual laboratory environment has been developed as an educational tool for helping electric machines laboratory courses. Thus, a real laboratory environment which facilitates the student education is realized by this virtual laboratory. The developed virtual laboratory environment is composed of several modules. Each module is composed of application, evaluation and feedback layers.

The developed virtual application environment has a flexible and user friendly graphical interface. Various results can be obtained and analyzed by changing the model parameters. The represented virtual laboratory environment uses the simulations to help the students to understand the concepts and provides instantaneous graphic outputs for feedback at the application period.

This virtual environment provides assistance to the training of students supporting with repetition and exercises, training with simulation programs, showing the data and figures attractively and teaching the computer-led learning.

An educational approach is adopted here to develop a virtual lab which can be used as a tool for education and demonstrative purposes.

Keywords: Virtual electric machines, virtual lab, asynchronous machine, synchronous machine, brushless dc motor.

1. GİRİŞ

1.1. Genel

Hem mühendislik ve hem de teknik eğitim ortamı; teknoloji üretebilen mühendislerin ve teknik elemanların yetişmesine imkân sağlayacak donatılara sahip olmalıdır. Mühendislik eğitimi, mevcut teorik ders içeriklerinin yanında pratik eğitimin yapıldığı laboratuvarlarla istenilen seviyelere taşınabilir. Laboratuvarlar, mesleki deneyimlerin kazanıldığı önemli eğitim mekânlarından biridir. Geleneksel laboratuvar çalışmaları bir eğitim programının tamamlayıcı bölümlerini oluştururlar. Laboratuvar çalışmaları öğrencilere pratik beceri kazandırır ve onları meslek hayatına hazır hale getirmede yardımcı olurlar. Bununla birlikte gerçek ortamda yapılan deneylerin donanım, mekân ve zaman gibi değişik kısıtlamaları nedeniyle; günümüzde, daha uygun alternatiflerin aranma zorunluluğu ortaya çıkmıştır. Bu alternatiflerin başında internet ve web hizmetleri gelmektedir.

Günümüzde bilgisayar ve internet kullanımı hızla artmaktadır. İnternet, birçok alanda olduğu gibi eğitim alanında da vazgeçilmez bir araç olarak karşımıza çıkmakta, uzaktan ve grup öğrenmelerini içeren birçok yeni öğrenme araçlarını sağlamaktadır. Bu öğrenme araçları kullanılarak verilen eğitimin daha kaliteli hale getirilmesine çalışılmaktadır. Teknolojik araçların ve buna bağlı olarak internetin gelişmesine paralel olarak, gerçek yaşama ait uygulamaların benzetim yoluyla sanal olarak oluşturulması, son dönemlerde yaygın olarak kullanılan yöntemlerdir.

Mühendislik eğitiminde internet bileşenlerinin kullanımına ilişkin çalışmalara son yıllarda literatürde sıkça rastlanmaktadır. Farklı sistemlerin çalışma koşulları altındaki davranışlarının benzetimini gerçekleştirmek için birçok eğitimsel ve ticari amaçlı yazılımların öneminin vurgulandığı çalışmalar bulunmaktadır. Erkan ve diğ. [1], web-tabanlı uzaktan eğitim için sanal sınıf ve laboratuvar projesi geliştirmiştir. Bu çalışmada, haberleşme teorisi dersi içerisinde verilen temel işaretler ve işaretlerin gösterimi, spektrum analizi ve modülasyon uygulamaları sanal olarak gerçekleştirilmiştir. Ko ve diğ. [2], web tabanlı sanal osiloskop deneyi, Yu ve diğ. [3] ise yine web tabanlı kontrol sistemlerinin analizi ve tasarımı için sanal uygulamalar gerçekleştirmişlerdir. Poindexter ve diğ. [4]' yaptıkları çalışmada web tabanlı oluşturulacak dersler için ne yapılması gerektiği ve neler yapılacağı üzerinde durulmuştur. Colace ve diğ. [5], elektrik mühendisliği programı için oluşturulan sanal bir laboratuardan bahsetmişlerdir. Tyml ve diğ. [6], uzaktan eğitime imkan veren sanal bir ölçüm sistemini açıklamışlardır. Martin ve diğ. [7] ve Ubell [8], mühendislik eğitimi için gerçekleştirilen web tabanlı yazılım ve uzaktan öğrenme üzerine durmuşlardır. Avouris ve diğ. [9], bilgisayar destekli bir laboratuvar eğitim aracının geliştirilmesi ve değerlendirilmesi üzerinde durmuşlardır.

Angelidis [10], elektrik mühendisliği eğitiminde bilgisayar destekli yazılım araçlarının öneminden bahsetmiştir. Daniels, Nehrir ve diğ. [11-12], yine bilgisayar destekli programların elektrik mühendisliği eğitimine getirdiği kolaylıkları açıklanmışlardır. Benbouzid, Kyranastassis ve diğ. [13-14], güç mühendisliği laboratuvar eğitimi için geliştirilen yazılımlardan bahsederek, getirdikleri avantajları ortaya koymuşlardır. Sebastien ve diğ. [15], elektro manyetik alanın analizi için oluşturulan enerji dönüşüm laboratuvarı paket programı ve bu programın sağladığı kolaylıkları belirtmişlerdir. Hernandez ve diğ. [16], ise elektrik makinaları ve güç elektroniğini öğrenmek için bir araç olarak geliştirilen güç laboratuvar paket programı üzerine durmuş ve yararlarından bahsetmiştir.

Geliştirilen sistemlerde öğrenci internet ortamında, normal bir sınıf ortamında olduğu gibi dersleri alabilmekte, konu ile ilgili sorularını oluşturulan tartışma ortamlarında arkadaşları ile tartışabilmekte veya ders hocasına sorabilmektedir. Ayrıca oluşturulan bu web sayfalarında zaman, mekân ve teçhizat sınırlaması olmadığı için daha fazla öğrencinin katılımı sağlanabilmektedir [17,18]. Şu anda değişik üniversitelerde uzaktan eğitim adı altında internet ortamında dersler verilmektedir. Oluşturulan sanal sınıflarda, geleneksel sınıflara mümkün olduğu kadar yakın, benzer tarzda eğitim sağlanmaktadır. Mühendislik veya teknik eğitim alanlarında teorik eğitim yanında laboratuvar uygulamaları mevcut olduğu için hazırlanan internet sayfalarının teorik ders ortamı yanında, sanal olarak laboratuvar ortamını da içermesi gerekmektedir.

Bu gereklilik sanal ortamda uygulamaya yönelik laboratuvar derslerinin de verilebilmesi konusu üzerinde değişik çalışmaların hızlı bir şekilde artmasına neden olmuştur. Literatürde sanal olarak hazırlanan ve eğitimsel araç olarak sunulan birçok çalışma bulunmaktadır. Iskander [19], yaptığı çalışmada elektromanyetik dalgaların temellerini öğreten bir yazılım geliştirmiştir. Burada teknolojik gelişmelerin kullanılarak sanal laboratuvar ortamlarının oluşturulmasının yararlarından bahsedilerek bu alanda yapılacak çalışmaların önemi üzerinde durulmuştur. Gonzalez ve diğ. [20], yapay sinir ağlarının eğitiminin verilebilmesi için java tabanlı Evenent-2000 adlı bir yazılım geliştirmişlerdir. Bu yazılım ile istenilen yapay sinir ağı modelleri gerçekleştirilebilmektedir. Fakat hazırlanan paket program sadece yapay sinir ağları için ele alınmış olup yerel kullanıcılara hitap etmektedir ve internet erişimi bulunmamaktadır. Gokdere ve diğ. [21], elektrik sürücü sistemlerinin analizinde sanal değerlendirme ortamı için C++ tabanlı bir yazılım geliştirmişlerdir. Bu yazılım ile öğrencilerin elektrik sürücü sistemlerini daha iyi anlamaları amaçlanmıştır. Oluşturulan sanal ortamın, uzaktan erişim imkanı yoktur. Gokbulut ve diğ. [22-23], asenkron motor ve fırçasız doğru akım motoru için, hız denetleyici olarak sinirsel bulanık ağ ve oransal+integral (PI) denetleyicilerin kullanıldığı paket programlar geliştirmişlerdir. Hazırlanan paket programlar sırasıyla C++ ve Delphi tabanlı olup internet

üzerinden erişim modülüne sahip olmayıp sadece yerel kullanıcılara hitap etmektedir. Akcayol ve diğ. [24], Darbe Genişlik Modülasyonu (DGM- PWM-Pulse Width Modulation) işlevini gerçekleştiren bilgisayar destekli bir yazılım geliştirmişlerdir. Hazırlanan paket program Delphi ortamında yazılmıştır. Bu paket program, öğrencilerin DGM işlevini daha iyi anlamalarını sağlayan eğitimsel bir araç olarak görülmektedir. Öğrenciler bu araç sayesinde DGM tekniğini laboratuvar ortamı gerekmeksizin ev ortamında bile öğrenebileceklerdir. Yine önceki paket programlarda olduğu gibi bu paket programının internet erişiminin ve öğrencilerin sorularına cevap bulacakları bir platformun bulunmaması en büyük eksikliği olarak göze çarpmaktadır. Akcayol ve diğ. [25], doğru akım motorunun hız kontrolünde, bulanık mantık ve klasik kontrolörlerinin karşılaştırılması ve daha iyi öğrenilmesi için öğrencilere yardımcı olacak şekilde hazırlanan bir sanal uygulama ortamı sunulmuştur. Bu çalışma, hem lisans hem de lisansüstü öğrencilerine yönelik eğitimsel bir araç olarak görülmektedir. Öğrencilerin, sanal uygulamada farklı parametreler ile farklı çalışma ortamları hazırlayarak bu iki kontrolörün davranışlarını görmeleri amaçlanmıştır. Akcayol, Elmas ve diğ. [26-27], yukarıda belirtilen yapıda, bulanık mantık kontrolörleri kullanılarak sırasıyla, fırçasız doğru akım motoru ve asenkron motor için bir paket program hazırlamışlardır. Akcayol, Elmas ve diğ. [25-27], yaptıkları çalışmalarda hazırlanan paket programlar sadece yerel hizmet vermekle birlikte önceki çalışmalara benzer şekilde belirli bir konu üzerinde gerçekleştirilmiştir. Çalışmalar özellikle öğrencilerin uzaktan erişim imkânına sahip değildir.

Pratik deneyim, eğitimin en önemli unsurudur. Bununla birlikte, bilimsel laboratuvarların kurulması ve planlanması zaman ve maliyet gerektirmektedir. Özellikle Elektrik Mühendisliği Bölümlerinin kurulum maliyetleri; diğer bölümlerle karşılaştırıldığında oldukça yüksek maliyetler ortaya koymaktadır. Her üniversitenin böyle bir laboratuvarı kurmaya mali gücünün yeterli olmayacağı ve üniversiteler arası eğitim dengesizliğinin oluşacağı aşîkârdır [28]. Tüm dünyada geleneksel laboratuvarlara uygun bir alternatif olarak sanal laboratuvarların oluşturulması yaygınlaşmıştır [29]. Oluşturulacak olan sanal laboratuvarlar;

- Bütçeleri bu laboratuvarları kurmaya yeterli olmayan veya gelişen yeni düzenekleri bünyelerinde bulundurma olanağı bulamayan kurumlar için bu laboratuvar ve düzeneklere sanal ortamda ulaşma olanağına sahip olmalarına,
- Gerekli laboratuvar ortamına sahip olan kurumlarda güvenlik nedeniyle, öncelikle sanal ortamda çalışmalarını doğru bir şekilde yapıp daha sonra gerçek deney düzeneklerinde yapılacak pratik çalışmalara geçişte,
- Edinilen bilgilerin hızlı bir şekilde hayata geçirilmesine,
- Eğitimde sürekliliğe ve teknolojik rekabete,

yardımcı olacaktır.

Ayrıca oluşturulan bu sanal ortamlar, eğitim-öğretim, tekrar ve alıştırma, öğrenciyi çeşitli yönlerden destekleme, benzetim programları ile çalıştırma, etkileşimli açıklama, veri bankası olarak kullanma, verileri çekici bir şekilde gösterme, bilgisayar uygulamalı ve değerlendirmeli testler ve bilgisayar yönlendirmeli öğrenme gibi birçok açıdan öğrenciye alacağı eğitimde katkı sağlamaktadır.

Bu çalışmada; internet ortamında uzaktan erişime imkan tanıyacak sanal elektrik makinaları laboratuvarı paket programı hazırlanmıştır. Bu programda, Doğrultucu, Evirici, Fırçasız Doğru Akım Motoru (FDAM), Senkron Makina ve Asenkron Makina sanal uygulamaları bulunmaktadır.

Hazırlanan web sayfasında sanal uygulamaların dışında, öğrencilerin değerlendirilmesi ve öğrencilerden geri besleme alınabilmesi için sınav otomasyonu ve anket, görüşlerini rahatça belirtebilecekleri ziyaretçi defteri, ders hocasına soracakları sorular için veya tartışmalara katılacakları bir tartışma-forum platformu bulunmaktadır.

Sanal Laboratuvar Uygulama ortamı sayesinde öğrenciler sınıf ortamında almış olduğu teorik bilgileri destekleyebilecektir. Öğrenciler, uygulama sırasında istediği değişiklikleri yapabilecek ve sonuçları grafiksel olarak anında görebilecektir. Uygulamalar, benzetim üzerinde olacağı için doğru cevabı bulana kadar yapmış olduğu hatalardan ne cihazlar ne de kendisi zarar görmeyecektir. Ayrıca öğrenciler, uygulamaları sanal ortamda yapıp daha sonra bunu güvenli bir şekilde gerçek laboratuvar ortamında deneyebilecektir.

Günümüzde benzer uygulamaların yapılabilceği birçok yazılım mevcuttur. Bu yazılımlar içerisinde MATLAB-Simulink programı [30], güç elektroniği, elektrik makinaları, bulanık mantık ve yapay sinir ağları gibi araç kutuları ile oldukça gelişmiş bir yapıya sahiptir. Bu sayede devrelerinin denetimli benzetimi yapılabilir. Ancak, öğrencilerin bu uygulamaları yapabilmesi için o programlama dilini ve yapısını bilmelerine ihtiyaç vardır. Öğrencilerin, bu programları öğrenmeleri için belirli bir zaman çalışmaları gerekmektedir. Ayrıca, MATLAB-Simulink gibi çok gelişmiş bir programlama dilinde bile hazır olarak bulunmayan özellikleri (manyetik doyum gibi) kullanıcı oluşturmak zorunda kalacaktır. Öğrenci, bu sistemde oluşturulan yapıda almış olduğu teorik bilgiler ışığında sadece hazır olan uygulamaya ait parametre değerlerini girerek sistemi analiz edebilecektir. Öğrencilerin ayrıca bir programlama dili ya da benzetim programları hakkında bilgileri olması gerekmemektedir.

1.2. Tezin Amacı

Yapılan literatür araştırmalarının sonucunda, sanal ortamların yaygınlaştığı ve paket programların eğitimsel bir araç olarak sunulduğu görülmüştür. Ancak yapılan çalışmalarda görülen en büyük eksiklikler;

- Sanal uygulamalar bir sınıf ortamı şeklinde hazırlanmamıştır.
- Uzaktan erişim imkânı yoktur, sadece yerel kullanıcılara hitap etmektedir,
- Değerlendirme kısmı yoktur veya yetersizdir.
- Sorularına cevap bulabileceği veya tartışacağı bir platforma sahip değildir.
- Öğrenciden geri besleme alınmasına yönelik öğrenmeyi destekleyici yapılar sınırlıdır.

Bu eksikliklerin çözümü için sanal ortamlar kullanılarak yapılan uzaktan eğitim modellerinde kullanıcıların kazanacakları avantajlar ve dezavantajlar ortaya konulmuştur. Sanal ortamlar kullanılarak yapılan uzaktan eğitim modellerinde kullanıcı,

- Mekân ve zaman sınırlaması olmaksızın eğitim alabilir,
- Çalışma ve dinlenme sürelerini ayarlayabilir,
- Çalışmalara anında katılabilir,
- Tartışmalara katılabilir, kendi görüş ve düşüncelerini sisteme aktarabilir,
- Öğrenme kapasitesine bağlı olarak konuyu derinlemesine inceleyebilir,
- Öğrendiklerini tekrar edebilir,
- Öğrenmeye bağlı olarak öz güvenini ve üretkenliğini arttırabilir,
- Eğitime katılan diğer kullanıcılar ile etkileşimli olarak bilgi paylaşımına gidebilir,
- Uzman desteği alabilir,
- Aldığı eğitim kalitesini arttırabilir,
- Edindiği bilgileri gerçek hayata hızlı bir şekilde aktarabilir.

Ancak mühendislik eğitimi, teorik eğitimin yanı sıra laboratuvar uygulamalarının da bulunmasından dolayı diğer eğitim alanlarından farklılık göstermektedir. Bu sebeple sanal ortamların tek başına kullanılmasının bazı sakıncaları bulunmaktadır [31]. Bu sakıncalar,

- Mühendislik eğitiminde dersler belirli bir düzen içerisinde verilmektedir. Sanal ortamda her ne kadar bu düzene uyulması istense de kullanıcı ders konularını çok çabuk tamamlamak isteyebilir. Bu da konuların işleyiş sıralarının bozulmasına neden olur. Konuların yeterince kavranılmadan geçilmesi, yanlış öğrenmeye veya uygulamalar üzerinde yanlış yorumlara neden olabilir.
- Mühendislik eğitiminde dersler ve laboratuvar uygulamaları eş zamanlı götürülmektedir. Alınan teorik bilgiler laboratuvar uygulamalarında desteklenerek hayata geçirilir. Kullanıcı karşılaştığı problemleri, tecrübeli öğretim elamanına sorarak anında öğrenebilir. Her ne kadar sanal ortamda bu soruların cevaplarını bulmak mümkün olsa da kullanıcı tarafından yeterince anlaşılmayabilir.

- Sanal ortamda kullanıcılar her ne kadar etkileşim içerisinde olursa olsun, klasik eğitimde olduğu gibi bire bir kaynaşma olmayacaktır. Bu da konuya daha hâkim olan kişilerin bilgilerinden yararlanma imkânını ortadan kaldıracaktır.
- Mühendislik eğitimi yüksek matematik bilgisi gerektirmektedir. Ders sırasında verilen matematiksel kavramlar uzman öğretici tarafından anlaşılabilir yapıda verilmektedir. Sanal ortam içerisinde bu kavramlar çok iyi verilse de öğrenci tarafından anlaşılması zor olabilir.
- Gerçek laboratuvar ortamında kazanacağı deneyim ve tecrübelerden yoksun kalabilir. Sanal ve gerçek ortamların birlikte kullanılması, mühendislik eğitimine daha fazla katkı sağlayacaktır. Bu katkılar sıralanacak olursa,

- Mühendislik eğitiminde klasik eğitim, sanal ortamlar ile desteklendiğinde verilen bilginin pekiştirilmesine katkıda bulunur,
- Öğrenci sanal laboratuvar ortamlarını kullanarak, aldığı teorik bilgiyi destekler ve gerçek laboratuvar ortamında yapacağı uygulamalara hazırlıklı olur,
- Sanal uygulama ortamları sayesinde, gerçek ortamda yapılacak uygulamanın aşamaları çabuk kavranır ve uygulamalar daha kısa sürede tamamlanır,
- Gerçek laboratuvar ortamında denenmesi sakıncalı olan uygulamalar sanal laboratuvar ortamlarında rahatlıkla denenebilir, sonuçları gözlemlenebilir. Bu sayede deneyi yapan öğrenciye ve cihazlara zarar verecek olan uygulamalar, sanal laboratuvar ortamları sayesinde engellenir,
- Sanal ortamlar, ders dışında da kullanıcıların iletişimini kolaylaştırdığından bilgi paylaşımını artırır,
- Gerçek laboratuvar ortamında deneyler kısıtlı bir zamanda yapılmak zorundadır. Deneyden sonra hala anlaşılmayan kısımlar, sanal laboratuvar ortamında deneyin tekrarı yapılarak kalıcı bir şekilde öğrenilebilir,
- Gerçek laboratuvar ortamında, maddi ve yer sıkıntılarından dolayı bulunmayan araçların sanal laboratuvar ortamlarında uygulamaları yapılabilir. Bu şekilde öğrenciler gerçek laboratuvar ortamında göremedikleri araçlar hakkında bilgi sahibi olurlar ve dünyadaki eğitimi yakından takip ederler,
- Sanal ortamlarda yapılan uygulamalar eğitim süresi tamamlandıktan sonra da yardımcı bir araç olarak her zaman kullanılabilir. Bu da alman eğitimin kalıcı olmasına, bilgilerin taze tutulmasına yardımcı olur,
- Eğitimde devamlılığı ve rekabeti sağlar.

Bu tezin amacı, elektrik mühendisliği alanında verilen eğitimin en önemli kısımlarından biri olan elektrik makinaları laboratuvarı uygulama kısmının yukarıda sıralanan avantajlarından dolayı uzaktan eğitime imkan tanıyacak şekilde sanal olarak hazırlanmasıdır. Bu amaçla yapılan çalışmada doğrultucu, evirici, doğru akım motoru, senkron motor ve asenkron motor uygulamaları sanal olarak gerçekleştirilmiştir.

Gerçekleştirilen çalışmada, uygulama ortamı esnek ve kullanımı kolay bir ara yüzün ortaya çıkarılması hedeflenmiştir. Ayrıca bu çalışmada öğrencinin sadece parametreleri değiştirerek farklı sonuçlar eldeleyebileceği bir sanal ortamın elde edilmesi de amaçlanmıştır. Öğrenciler için kavramların görselleştirilebilmesi ve uygulama boyunca anlık grafiksel geri beslemenin oluşturulması da hedeflenmiştir. Modüler eğitim teknolojisi tabanlı ve modüllerin birleşiminden oluşturulan sanal laboratuvarlarda öğrencilerin yeni kavramları eldeleyebilmesi ve sonuçları değerlendirebilmesi amaçlanmıştır. Yapılan çalışmada, öğrencilerin gerçek ortamda yapacakları uygulama öncesinde, tüm çalışmayı sanal ortamda gerçekleştirmesi; dolayısıyla gerçek ortamda yapacakları uygulama ortamına geçtiklerinde karşılaşabilecekleri zorlukları önceden yenmiş olarak deneye başlamaları da hedeflenmiştir.

1.3. Tezin Yapısı

Amacı önceki bölümde açıklanan bu tez çalışması altı bölümden oluşmaktadır.

Tezin birinci yani giriş bölümünde tez konusuyla ilgili literatür taranmış, yapılan çalışmalardaki avantaj ve dezavantajlar ortaya konmuştur. Bu bölümde mühendislik eğitiminde teorik bilgilerin desteklendiği laboratuvarların önemi vurgulanmıştır. Daha sonra teknolojik gelişmelerden yararlanılarak oluşturulan sanal laboratuvar ortamlarından bahsedilmiştir. Son olarak giriş bölümünde, mühendislik eğitime yardımcı olacak bir sanal laboratuvar ortamından bahsedilip, tezin amacı verilmiştir.

Tezin ikinci bölümünde sanal uygulama ortamını oluşturmak için kullanılan araçlar hakkında bilgi verilmiştir. Özellikle çalışmanın uygulama kısmının yapıldığı ve uzaktan erişime izin veren Borland C++ Builder programı ve ActiveX form yapısından bahsedilmiştir.

Üçüncü bölümde, elektrik makinaları laboratuvarı için örnek teşkil edecek doğrultucu, evirici, Fırçasız Doğru Akım Motoru (FDAM), Senkron Motor ve Asenkron Motor hakkında kısa bilgi verilmiş ve uygulamada kullanılacak olan matematiksel modeller elde edilmiştir.

Dördüncü bölümde, oluşturulan sanal ortamın özellikleri ve yapısı verilmiştir. Bu bölümde özellikle sanal laboratuvar ortamını oluşturan uygulamalardan bahsedilmiştir. Bu bölümde Doğrultucu sanal uygulaması, Evirici sanal uygulaması, FDAM sanal uygulaması, Senkron Makina sanal uygulaması, Asenkron Makina sanal uygulaması gerçekleştirilmiştir.

Beşinci bölümde, web tabanlı oluşturulan sanal laboratuvarın öğrenme üzerine etkisi incelenmiştir. Oluşturulan sanal laboratuvar ortamı, Elektrik Makinaları Laboratuvar dersini yeni öğrencilere uygulanmış ve değerlendirme sonuçları irdelenmiştir.

Son bölüm yani sonuç bölümünde çalışmanın literatüre katkısı ve bundan sonraki çalışmalar için öneriler sunulmuştur.

2-SANAL UYGULAMA ORTAMI

2.1. Giriş

Eğitimin, geleneksel sınıf ortamlarında olduğu gibi sadece bir sınıf ortamında gerçekleştirilebileceği düşüncesi, yerini farklı zaman ve mekânlarda eğitim imkânı tanıyan sanal ortamlara bırakma yönündedir. Geleneksel sınıf ortamlarında dersler, tepegöz, tahta, projeksiyon vb. görsel araçlar kullanarak aktarılmaktadır. Sanal ortamda dersler, bilgisayar ve ağ teknolojilerinden faydalanılarak oluşturulmuş bir ortamda yürütülmektedir. Öğrenciler istedikleri zamanda ve mekanda bilgiye ulaşabilmektedirler. Öğretmen ile öğrenci arasında kurulan iletişim yoluyla, öğretmen bir ucta ders verirken, öğrenciler iletişim yolları yardımıyla evlerinden, ofislerinden ve hatta farklı ülkelerden eğitime katılabilmektedirler [32,33].

2.2. Sanal Uygulama Ortamını Oluşturmak İçin Kullanılan Araçlar

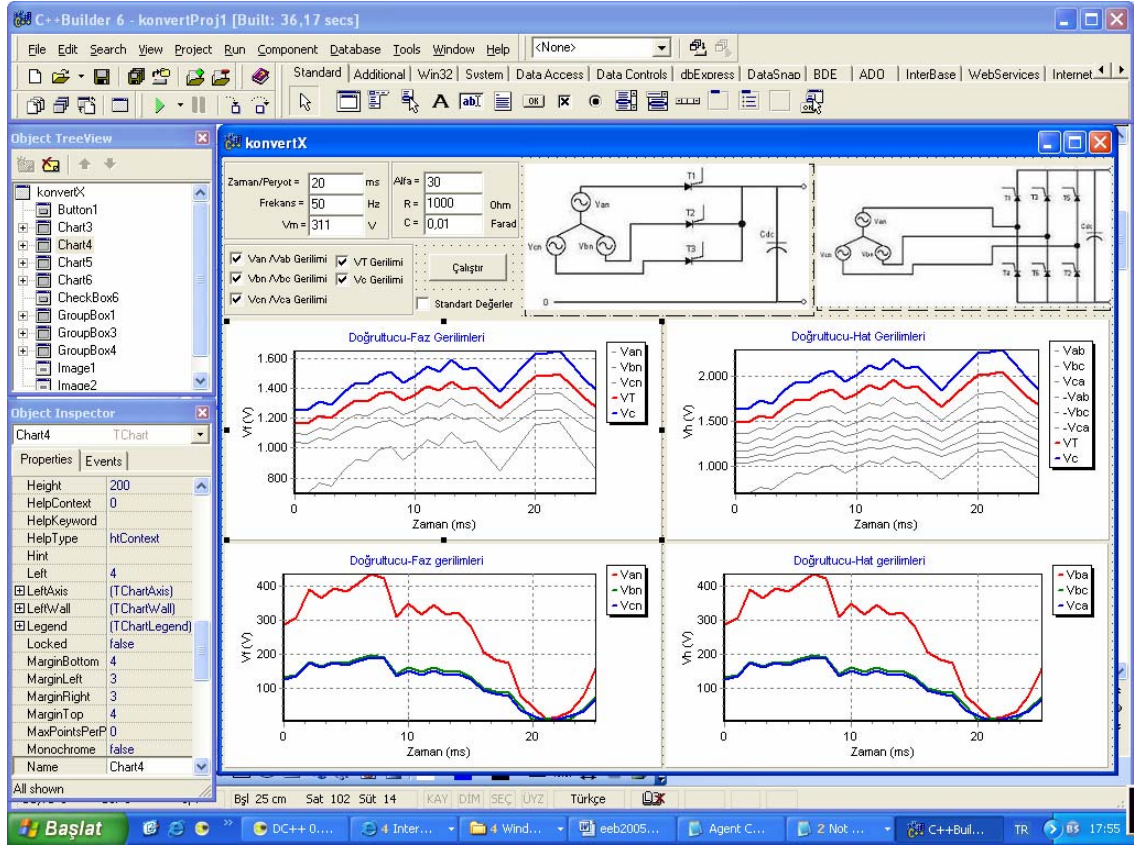
Sanal uygulama ortamının kalbi C++ tabanlı Windows/NT sistemi ile uyumlu Grafik Kullanıcı Ara Birimi (GUI-Graphical User Interface) uygulamasıdır. Nesneye Yönelik Yaklaşım karmaşık sistem tasarımının canlandırılmasına ve daha iyi sistem bölümlendirilmesine izin verir. Uygulaması yapılan sanal ortam HTML(Hyper Text Markup Language), ASP (Active Server Pages) ve C ++ dilleri kullanılarak hazırlanmıştır. Hazırlanan ortam bir ders sunumunda olduğu gibi öğrencinin öğrenmesini kolaylaştıracak yapıdadır.

C++ Builder kodunu değiştirmek, kontrol etmek, tekrar kullanmak diğerlerine göre daha kolaydır. C++ Builder da farklı kod parçaları üzerinde çalışılabilir, kolaylıkla bakım yapılabilir ve güncellenebilir. GUI'leri tasarlamak, geliştirmek için zaman kazandırır. Borland C++ Builder gibi görsel programlama dillerinin en önemli özelliklerinden biri programın ekran tasarımını kodlarla değil, hazır bulunan form kontrolleri ile yapılabilmesidir. Program içerisinde birden fazla form oluşturularak istenilen tasarım oluşturulabilir. Borland C++ Builder sayesinde HTML göstericisi içeren ve öğrenmeyi destekleyen değişik Grafik Kullanıcı Ara Birimi (GUI-Graphical User Interface) oluşturulabilir [34,35].

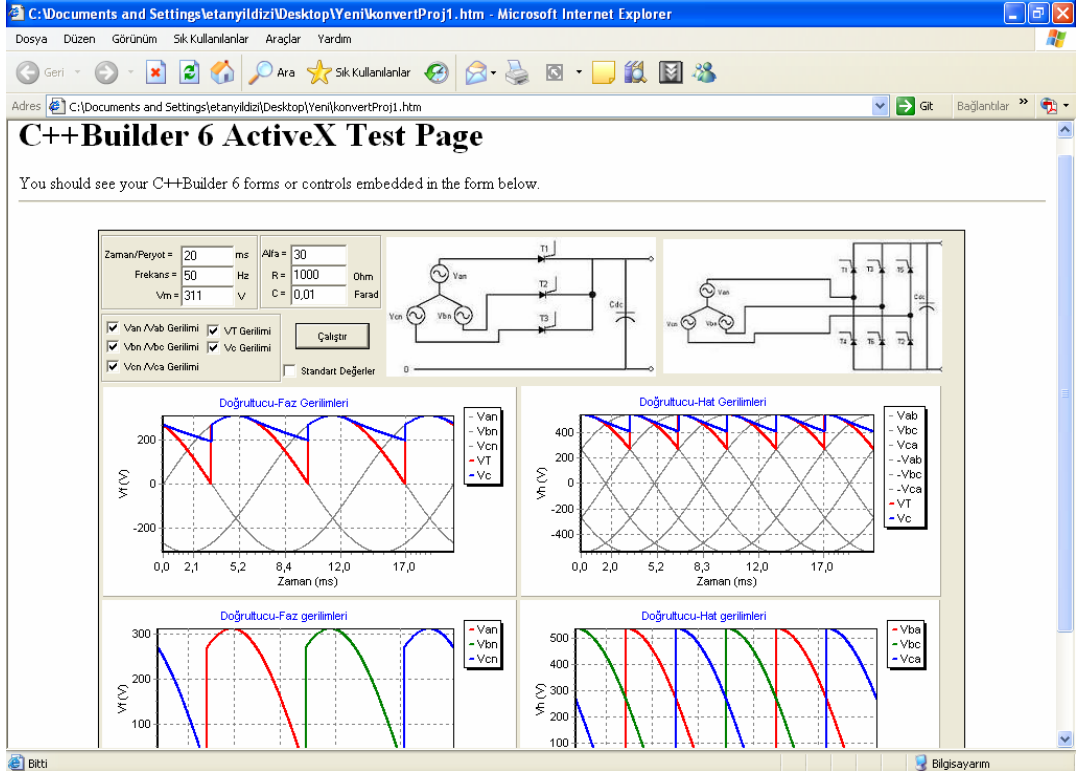
Borland C++ Builder içerisinde bulunan Active formlar C++ Builder uygulamalarını Web sayfalarına yerleştirebilmektedir. Hazırlanan programın, internet ortamında kullanılmasını sağlamak için Active form olarak tasarlanması gerekmektedir. Active Formlar'ı bir HTML sayfasına yerleştirerek, kullanıcıların programları çalıştırmaları sağlanabilmektedir [35].

Şekil 2.1'de active form kullanılarak hazırlanmış olan doğrultucu uygulamasına ait form tasarımı görülmektedir. Hazırlanan formlar, internet veya intranet ortamında bir web tarayıcı

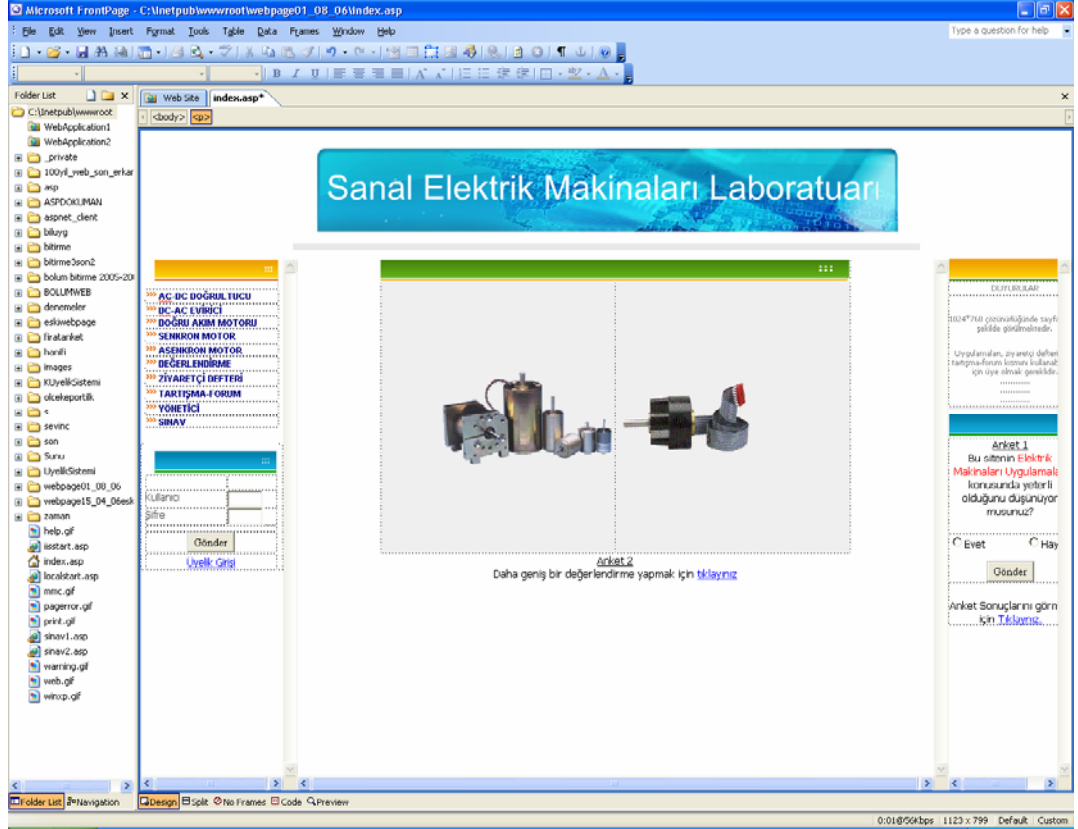
program aracılığı ile kullanılabilir. Active formları bir html sayfasına yerleştirerek, sayfaya giren kullanıcıların uygulamaları çalıştırılması sağlanabilir. Şekil 2.1’de verilen ActiveX formunun HTML sayfasına aktarılmış hali Şekil 2.2’de verilmiştir.



Şekil 2.1. Doğrultucuya ait ActiveX formunun tasarım görünümü



Şekil 2.2. Doğrultucuya ait ActiveX formunun html sayfasına aktarılmış görünümü



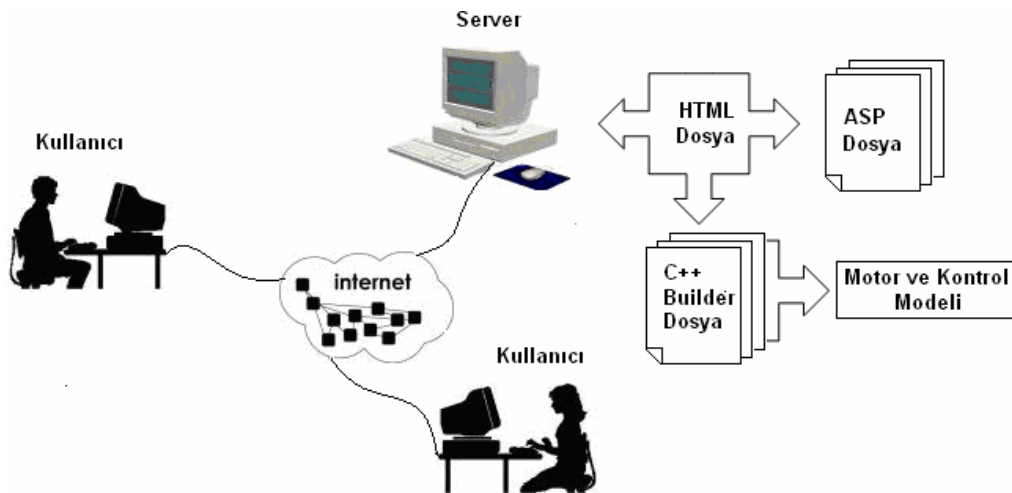
Şekil 2.3. Microsoft FrontPage ile oluşturulan web sayfasının görünümü

HTML (Hyper Text Markup Language-Hiper Metin İşaret Dili) dili ile hazırlanan ders notları, animasyon ve grafiklerin Web (World Wide Web-Dünya Çapında Ağ) dokümanı olarak internet ortamına taşınması oldukça kolaydır. Eğitimsel ve öğrenme modülleri HTML standardında depolanır ve web tabanlı bir istemci yazılımdan erişilebilir. Web sayfasının daha etkili ve eğitim amacına uygun hale getirecek şekilde tasarlanması için kullanıcıdan alınan verilerin daha sonra kullanılmasına imkân veren ASP (Active Server Pages- Etkin Sunucu Sayfaları) veya ASP.Net gibi nesneye yönelik bir programlama dili kullanılması gerekir. ASP kodu Microsoft tarafından geliştirilmiş bir teknolojidir ve dinamik web tasarımı yapmak için kullanılmaktadır. ASP veya ASP.Net kullanarak access veritabanı dizaynı, form sonuçlarını, email adresine gönderme ve pek çok değişik kullanım alanları yaratılabilir. ASP kodu HTML ve ASP scriptlerini içerebilir. ASP'li sayfaya girildiğinde Server ASP kodunu çalıştırır ve sonuç web sayfasında görünür.

HTML ve ASP sayfalarını oluşturmak için Microsoft FrontPage gibi editör programlarını kullanmak kolaylık sağlamaktadır (Şekil 2.3). Microsoft FrontPage içerisinde bulunan web bileşenleri ile sayfa içerisinde istenen tasarım kolaylıkla sağlanabilmektedir. Bunun dışında animasyonlar, grafikler ve sayfa düzeni için Macromedia serilerinden yararlanılmıştır.

2.3. Sanal Uygulama Ortamının Yapısı

Oluşturulan sanal uygulama ortamının genel yapısı Şekil 2.4'te gösterilmiştir. Bir istemci, bir HTML sayfası için http sunucusuna bir istek gönderdiği zaman, sunucu doğrudan cevap verebilir. Web server ile uygulama server iletişimi TCP/IP soketleri kullanılır.



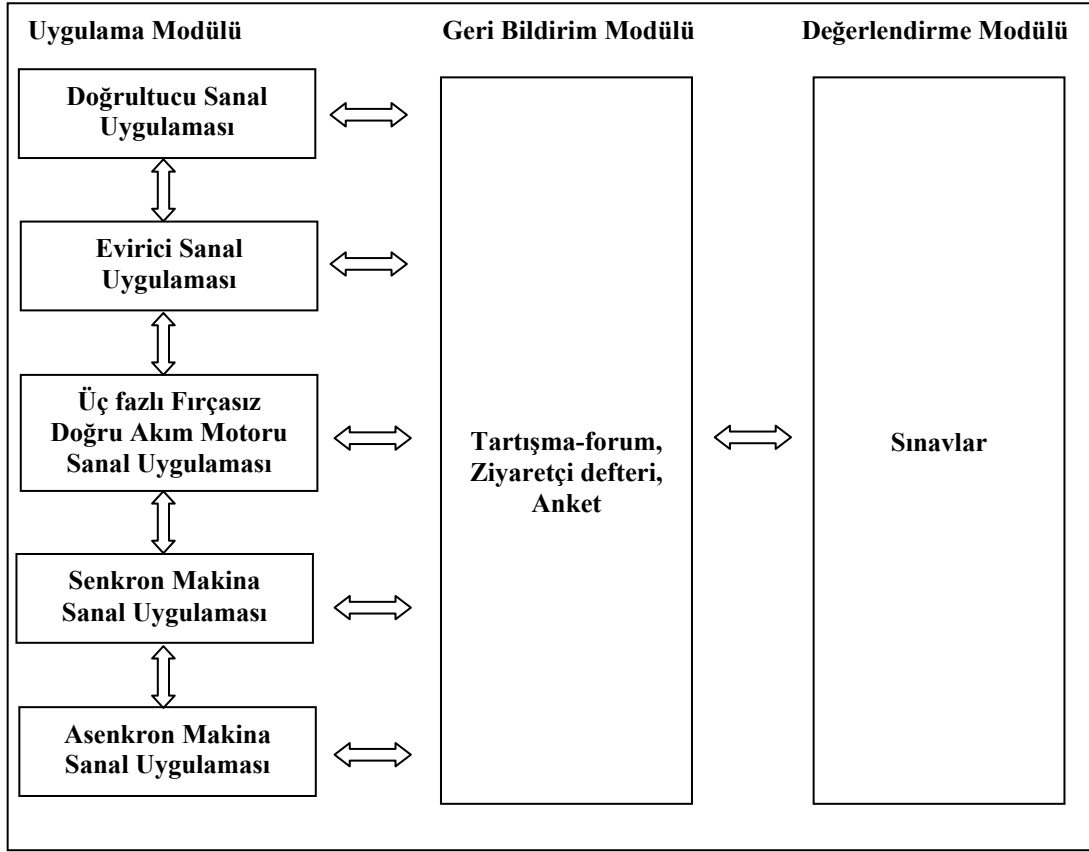
Şekil 2.4. Web tabanlı uygulamanın sistem yapısı

İnternet tabanlı oluşturulan sanal uygulama ortamı, modüler eğitim teknolojisi tabanlıdır. Bu sanal ortam başarılı modülleri birleştirmektedir ve bunların her biri öğrenciye yeni başlıklar ve kavramlar kazandırmaktadır. Bu modüller benzer yapıdadır ve aşağıda açıklanan katmanları içermektedir [34].

- Uygulama katmanı; bu katman öğrencinin laboratuvar öncesi hazırlık ve makinaların özelliklerini öğrenme ve sanal uygulama yapabileceği katmandır. Bu katmanda öğrenci sahip olduğu bilgiyi pratik örneklerde kullanmaktadır.
- Değerlendirme katmanı; bu katman öğrencinin başarılı olup olmadığının değerlendirmesidir. Her konuya ait bir soru ve birden fazla cevap mevcuttur. Öğrenci bir cevabı seçecek etkileşimli öğrenme alt modülü doğru cevabın seçilip seçilmediğini gösterecektir.
- Geri bildirim katmanı; bu katman hazırlanan sanal ortam için öğrenci görüşlerinin alındığı katmandır. Bu katman sayesinde öğrenci başarısını daha artırabilmek için anket soruları bulunmaktadır.

Yapılan sistemin modüler yapısı ve ilişkileri Şekil 2.5'te gösterilmiştir. Aşağıdaki modüller, önerilen sanal öğrenme sistemi için mevcuttur.

- Doğrultucu Sanal Uygulaması
- Evirici Sanal Uygulaması
- Üç fazlı Fırçasız Doğru Akım Motoru Sanal Uygulaması
- Senkron Makina Sanal Uygulaması
 - o Senkron Genaratör Boşta Çalışma ve Kısa Devre Deneyi Sanal Uygulaması
 - o Senkron Motor Sanal Uygulaması
- Asenkron Makina Sanal Uygulaması
 - o Asenkron Motor Boşta Çalışma ve Kısa Devre Deneyi Sanal Uygulaması
 - o Asenkron Motorun Sürekli Durum Performans Karakteristikleri
 - o Asenkron Motor Sanal Uygulaması
- Tartışma-forum, ziyaretçi defteri, anket
- Sınavlar



Şekil 2.5. Oluşturulan sanal uygulama ortamına ait modüler yapı ve bir biri ile ilişkileri

3. SANAL UYGULAMAYA AİT MATEMATİKSEL MODELLERİN ELDE EDİLMESİ

3.1. Giriş

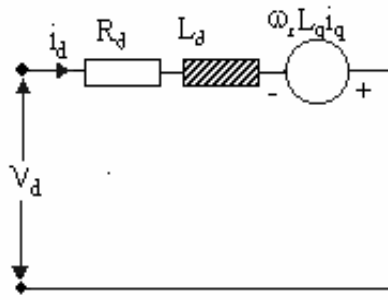
Sanal elektrik makinaları laboratuvarı için oluşturulacak sistemlerin matematiksel modelinin doğru bir şekilde elde edilmesi oldukça önemlidir. Bu çalışmalarda farklı çalışma koşullarının ve parametre değişimlerinin sisteme etkisi incelenmeli ve sistemin dinamik davranışları önceden belirlenmelidir. Bunun için sistemlerin matematiksel olarak modellenmesi gereklidir [36]. Fiziksel sistemlerin matematiksel modellerinin elde edilmesinde, matematiksel denklemlerin çok karmaşık bir yapı oluşturmaması ve sistemde mevcut olan, ancak modellenemeyen dinamiklerin bulunmasından dolayı bazı kabuller yapılır. Bu kabullerin sistemin dinamik davranışını bozmayacak yapıda olmasına dikkat edilmelidir. Uygun kabuller ile elde edilen matematiksel modeller basit bir yapıya kavuşmakta ve kontrol algoritmalarının oluşturmada kolaylık sağlamaktadır.

Sistemin benzetimi, elde edilen matematiksel modellerle ait denklemler ve bilgisayar teknolojilerinin yardımıyla kolaylıkla gerçekleştirilebilmektedir. Yapılan benzetimler sayesinde sistem ölçülmesi istenen büyüklüklerle birlikte gözlemlenerek incelenebilmektedir. Yapılan benzetimler sistemlerin analizinde zaman kazandırmaktadır. Bu nedenlerle son zamanlarda sistemlerin bilgisayar ortamında benzetiminin yapılabildiği programların geliştirilmesi yoğun bir ilgi görmektedir.

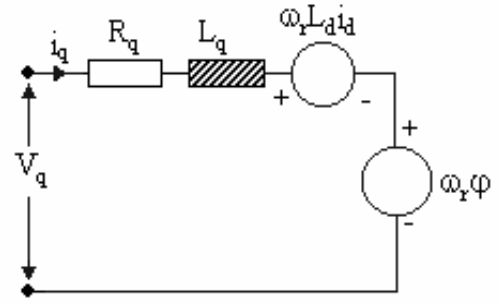
Bu bölümde, sanal elektrik makinaları laboratuvarında uygulaması yapılan Fırçasız Doğru Akım Motoru, Asenkron Motor ve Senkron Motora ait özellikler ve matematiksel modeller verilmiştir. Elde edilen matematiksel modeller hazırlanan uygulamalarda kullanılmıştır.

3.2. Fırçasız Doğru Akım Motorunun(FDAM) d-q Referans Çatı Modeli

Modellemede, FDAM'nun üç fazlı, silindirik rotorlu, stator sargılarının yıldız bağlı olduğu ve sinüzoidal gerilimle beslenen dengeli üç faz stator sargısına sahip olduğu kabul edilmiştir. Rotor referans düzlemine göre bir FDAM'nun eşdeğer devresi Şekil 3.1'deki gibi çizilebilir [37-39].



(a) d-ekseni eşdeğer devresi



(b) q-ekseni eşdeğer devresi

Şekil 3.1. FDAM'nun d-q eksenli eşdeğer devresi

Eşdeğer devrelerden yararlanarak gerilim denklemleri aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$\left. \begin{aligned} V_d &= R i_d + L_d \frac{d}{dt} i_d - \omega_r L_q i_q \\ V_q &= R i_q + L_q \frac{d}{dt} i_q + \omega_r L_d i_d + \omega_r \phi \end{aligned} \right\} \quad (3.1)$$

Elektrik makinalarında üretilen elektromanyetik moment, açısal hız ve elektriksel güç arasındaki bağıntı denklem 3.2'deki gibi yazılabilir.

$$T_e = \frac{P_e}{\omega_r} \quad (3.2)$$

Motorun kutup sayısı (P) ve stator devresi büyüklüklerine bağlı olarak sistemin dinamik eşitliği, denklem 3.3'teki gibi yazılır.

$$T_e = T_L + J \frac{2}{P} \frac{d}{dt} \omega_r + \frac{2}{P} B \omega_r \quad (3.3)$$

“B” küçük bir değer olduğundan ihmal edilebilir. Bu durumda denklem 3.3, denklem 3.4'teki gibi düzenlenebilir.

$$T_e = T_L + J \frac{2}{P} \frac{d}{dt} \omega_r \quad (3.4)$$

Rotor konumu,

$$\theta_r = \int_0^t \omega_r dt \quad \text{ve mekanik açı} \quad \theta_m = \frac{2}{P} \theta_r \quad (3.5)$$

olur. Denklem 3.4'ten açısal hız çekilecek olursa, denklem 3.6 elde edilir.

$$\frac{d}{dt} \omega_r = \frac{P}{2J} + (T_e - T_L) \quad (3.6)$$

Motorda üretilen elektromanyetik moment;

$$T_e = \frac{3}{2} \frac{P}{2} (\varphi i_q + (L_d - L_q) i_q i_d) \quad \text{olarak yazılır.} \quad (3.7)$$

i_d sıfır kabul edilirse, T_e aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$T_e = \frac{3}{2} \frac{P}{2} \varphi i_q \quad (3.8)$$

Elektromanyetik moment eşitliğinden (denklem 3.4) açısal hız çekilip bu denklemde T_e yerine denklem 3.8 yazılacak olursa, denklem 3.9 elde edilir.

$$\frac{d}{dt} \omega_r = \frac{3}{2} \frac{P^2}{4J} \varphi i_q - \frac{B}{J} \omega_r - \frac{P}{2J} T_L \quad (3.9)$$

Denklem 3.1 ve denklem 3.9'dan FDAM'nun rotor referans düzlemi modeli, durum uzayında denklem 3.10'daki gibi elde edilir.

$$\frac{d}{dt} \begin{bmatrix} i_q \\ i_d \\ \omega_r \\ \theta_r \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{R}{L_q} & -\omega_r \frac{L_d}{L_q} & -\frac{\phi}{L_q} & 0 \\ \omega_r \frac{L_q}{L_d} & -\frac{R}{L_d} & 0 & 0 \\ \frac{3}{2} \frac{P^2 \phi}{4J} & 0 & -\frac{B}{J} & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_q \\ i_d \\ \omega_r \\ \theta_r \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{1}{L_q} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{L_d} & 0 \\ 0 & 0 & -\frac{P}{2J} \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_q \\ V_d \\ T_L \end{bmatrix} \quad (3.10)$$

3.3. Asenkron Motorun d-q Referans Çatı Modeli

Asenkron motorun dinamik modeli doğrusal olmayan ve zamanla değişen diferansiyel denklemler içerir. Dolayısıyla modelin çözümü karmaşık ve zor bir hal alır. Modeldeki karmaşık yapının ortadan kaldırılması için hava aralığı akısının sinüzoidal ve düzgün dağılımlı, stator sargılarının yıldız bağlı, simetrik ve nötr noktaları yalıtılmış, stator ve rotor sarım sayıları eşit olduğu ve çekirdek kayıpları ile deri olayının ihmal edildiği kabul edilmiştir [40-43].

Asenkron motorun herhangi bir referans çatıda analizini sağlayan ve R.H. Park tarafından önerilen d-q dönüşümü aşağıdaki gibi tanımlanır [40, 44].

$$\begin{bmatrix} x_q \\ x_d \\ x_0 \end{bmatrix} = \frac{2}{3} \begin{bmatrix} \cos(\theta) & \cos(\theta - 2\pi/3) & \cos(\theta + 2\pi/3) \\ \sin(\theta) & \sin(\theta - 2\pi/3) & \sin(\theta + 2\pi/3) \\ \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_a \\ x_b \\ x_c \end{bmatrix} \quad (3.11)$$

Denklem 3.11 kullanılarak duran referans çatıda asenkron motorun matematiksel modeli aşağıdaki gibi elde edilir [43].

$$v_{qs}^s = R_s i_{qs}^s + \frac{d}{dt} \psi_{qs}^s \quad (3.12)$$

$$v_{ds}^s = R_s i_{ds}^s + \frac{d}{dt} \psi_{ds}^s \quad (3.13)$$

$$v_{qr}^s = 0 = R_r i_{qr}^s + \frac{d}{dt} \psi_{qr}^s - \omega \psi_{dr}^s \quad (3.14)$$

$$v_{dr}^s = 0 = R_r i_{dr}^s + \frac{d}{dt} \psi_{dr}^s + \omega \psi_{qr}^s \quad (3.15)$$

Burada, v_{qs} , v_{ds} -stator gerilimleri, v_{qr} , v_{dr} -rotor gerilimleri, ψ_{qs} , ψ_{ds} -stator halkalama akıları, ψ_{qr} , ψ_{dr} rotor halkalama akıları, ψ_{mq} , ψ_{md} hava aralığı halkalama akıları, ω_r elektriksel rotor hızı, L_s stator indüktansı, R_s stator direnci, L_r statora indirgenmiş rotor indüktansı, R_r statora indirgenmiş rotor direncidir. Bu denklemlerdeki stator, rotor hava aralığı halkalama akıları akımlar cinsinden aşağıdaki gibi yazılabilir [43].

$$\frac{d}{dt} \psi_{qs}^s = v_{qs}^s + \frac{R_s}{L_{ls}} (\psi_{mq}^s - \psi_{qs}^s) \quad (3.16)$$

$$\frac{d}{dt} \psi_{ds}^s = v_{ds}^s + \frac{R_s}{L_{ls}} (\psi_{md}^s - \psi_{ds}^s) \quad (3.17)$$

$$\frac{d}{dt} \psi_{qr}^s = v_{qr}^s + \omega \psi_{dr}^s + \frac{R_r}{L_{lr}} (\psi_{mq}^s - \psi_{qr}^s) \quad (3.18)$$

$$\frac{d}{dt} \psi_{dr}^s = v_{dr}^s - \omega \psi_{qr}^s + \frac{R_r}{L_{lr}} (\psi_{md}^s - \psi_{dr}^s) \quad (3.19)$$

$$\psi_{mq}^s = L_m (i_{qs}^s + i_{qr}^s) \quad (3.20)$$

$$\psi_{md}^s = L_m (i_{ds}^s + i_{dr}^s) \quad (3.21)$$

$$\psi_{qs}^s = L_{ls} i_{qs}^s + \psi_{mq}^s \quad i_{qs}^s = \frac{\psi_{qs}^s - \psi_{mq}^s}{L_{ls}} \quad (3.22)$$

$$\psi_{ds}^s = L_{ls} i_{ds}^s + \psi_{md}^s \quad i_{ds}^s = \frac{\psi_{ds}^s - \psi_{md}^s}{L_{ls}} \quad (3.23)$$

$$\psi_{qr}^s = L_{lr} i_{qr}^s + \psi_{mq}^s \quad i_{qr}^s = \frac{\psi_{qr}^s - \psi_{mq}^s}{L_{ls}} \quad (3.24)$$

$$\psi_{dr}^s = L_{lr} i_{dr}^s + \psi_{md}^s \quad i_{dr}^s = \frac{\psi_{dr}^s - \psi_{md}^s}{L_{ls}} \quad (3.25)$$

burada,

$$\frac{1}{L_M} = \frac{1}{L_m} + \frac{1}{L_{ls}} + \frac{1}{L_{ls}} \quad (3.26)$$

ve denklem 3.20 ve 3.21’de verilen hava aralığı halkalama akıları yeniden düzenlenirse,

$$\psi_{mq}^s = L_M \left(\frac{\psi_{qs}^s}{L_{ls}} + \frac{\psi_{qr}^s}{L_{lr}} \right) \quad (3.27)$$

$$\psi_{md}^s = L_M \left(\frac{\psi_{ds}^s}{L_{ls}} + \frac{\psi_{dr}^s}{L_{lr}} \right) \quad (3.28)$$

elde edilir. Motorun ürettiği elektriksel moment ise duran referans çatıda,

$$T_e = \frac{3}{2} \frac{P}{2} \left(\psi_{ds}^s i_{qs}^s - \psi_{qs}^s i_{ds}^s \right) \quad (3.29)$$

şeklinde elde edilir. Buradan elektriksel moment,

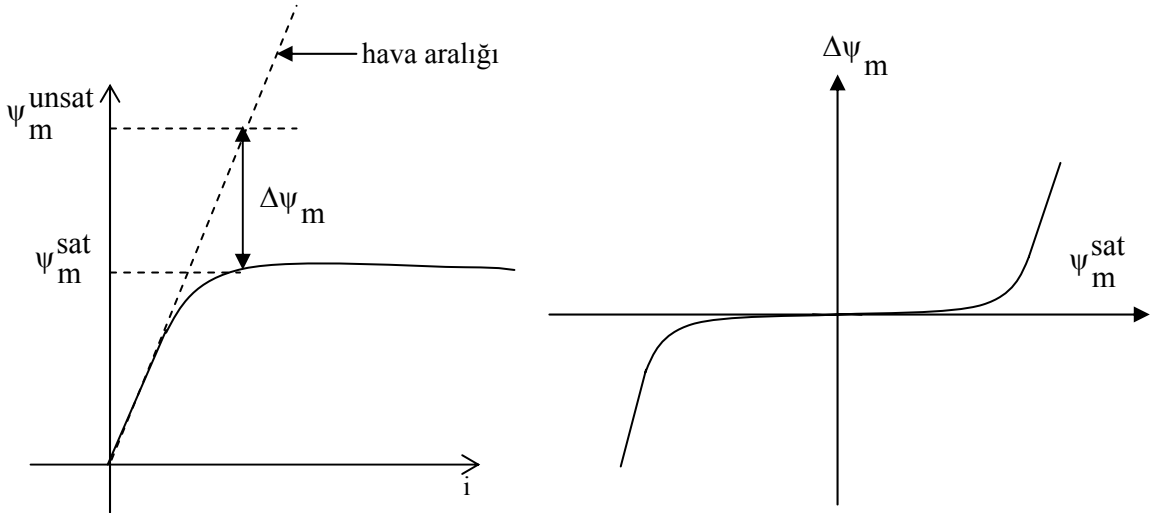
$$T_e = T_L + J \frac{2}{P} \frac{d}{dt} \omega_r + \frac{2}{P} B \omega_r \quad (3.30)$$

bağıntısıyla bulunur. Burada T_L , yük momenti, J , eylemsizlik sabiti, B , sürtünme katsayısı ve ω , mekanik hızdır.

3.3.1. Asenkron Motorda Manyetik Doyum Etkisini İçeren Matematiksel Model

Manyetik doyum, oluşturulan makina modellerinde genelde ihmal edilen bir unsurdur. Bununla birlikte literatürde doyum etkisinin ilave edildiği değişik matematiksel modellemeler mevcuttur [39, 43, 45-59]. Demir çekirdeğin doyuma gitmesi, kaçak ve ortak akı bileşenlerini etkilemektedir. Bu etki ortak akı bileşeninde daha fazla olur. Makina sargılarındaki kaçak akı yolu, ortak akı yoluyla karşılaştırıldığında çok karmaşıktır. Demir çekirdeğin kaçak akı üzerindeki etkisini incelemek kolay değildir. Bu nedenle doyumun mıknatıslanma akısı yolu üzerine etkisi incelenmiştir [39, 43].

Yapılan sanal uygulamada manyetik doyumun etkisi incelenebilecek yapıda oluşturulmuş ve gerekli matematiksel model çıkarılmıştır.



Şekil 3.2. Doyum karakteristiği

Doyumun, düzgün hava aralığına sahip makinalarda d ve q eksen bileşenlerinin her ikisini aynı şekilde etkilediği kabul edilebilir. Belirli bir bölgedeki doyum d-q bileşenlerini düzgün olmayan bir şekilde etkilemesine rağmen bu bileşenlerin her ikisi için Şekil 3.2’de gösterilen karakteristiğe benzer ortak bir doyum karakteristiği kullanılabilir. Ortak halkalama akısının doyum değeri *sat* üst indisi ile gösterilir ve q ekseninde saniyedeki ortak halkalama akısının doyum değeri aşağıdaki şekilde verilebilir.

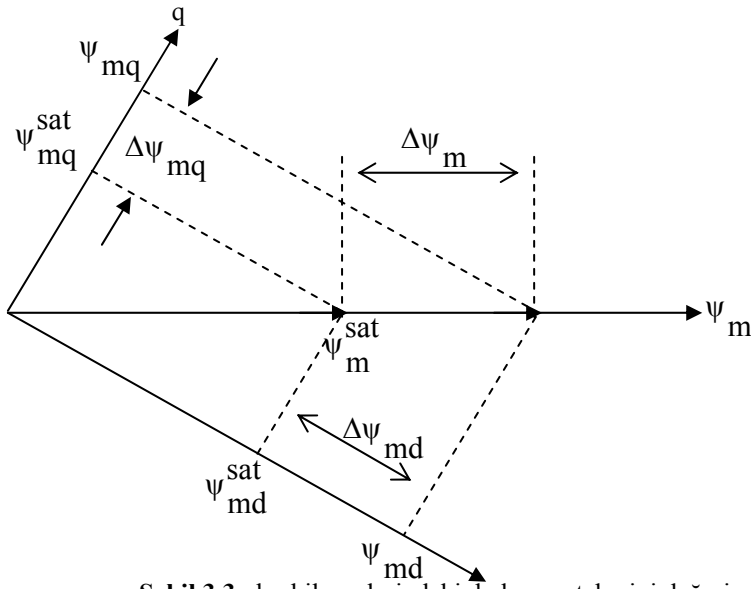
$$\begin{aligned} \psi_{mq}^{sat} &= \psi_{mq}^s - \Delta\psi_{mq}^s \\ &= L_m \left(\frac{\psi_{qs}^s - \psi_{mq}^{sat}}{L_{ls}} + \frac{\psi_{qr}^s - \psi_{mq}^{sat}}{L_{lr}} \right) - \Delta\psi_{mq}^s \end{aligned} \quad (3.31)$$

Benzer terimler gruplanıp, denklem 3.26 kullanılarak, 3.31 denklemi yeniden aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$\psi_{mq}^{sat} = \left(\frac{L_M}{L_{ls}} \psi_{qs}^s + \frac{L_M}{L_{lr}} \psi_{qr}^s \right) - \frac{L_M}{L_m} \Delta \psi_{mq}^s \quad (3.32)$$

Benzer şekilde d ekseni ortak halkalama akısının doyum değeri aşağıdaki gibi verilebilir.

$$\psi_{md}^{sat} = \left(\frac{L_M}{L_{ls}} \psi_{ds}^s + \frac{L_M}{L_{lr}} \psi_{dr}^s \right) - \frac{L_M}{L_m} \Delta \psi_{md}^s \quad (3.33)$$



Şekil 3.3. d-q bileşenlerindeki doyumun tahmini değeri

d ve q eksenlerinde halkalanma akılarında orantılı bir azalma kabul edilirse Şekil 3.3' e göre aşağıdaki ilişki yazılabilir.

$$\Delta \psi_{mq}^s = \frac{\psi_{mq}^{sat}}{\psi_m^{sat}} \Delta \psi_m \quad (3.34)$$

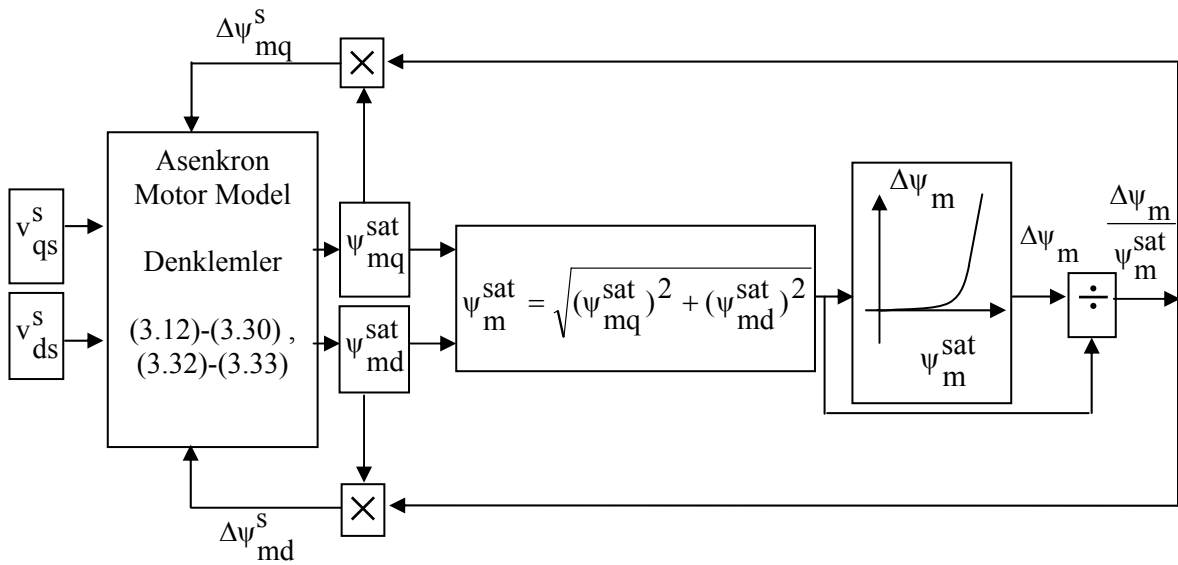
$$\Delta \psi_{md}^s = \frac{\psi_{md}^{sat}}{\psi_m^{sat}} \Delta \psi_m$$

burada,

$$\psi_m^{sat} = \sqrt{(\psi_{mq}^{sat})^2 + (\psi_{md}^{sat})^2} \quad (3.35)$$

dir.

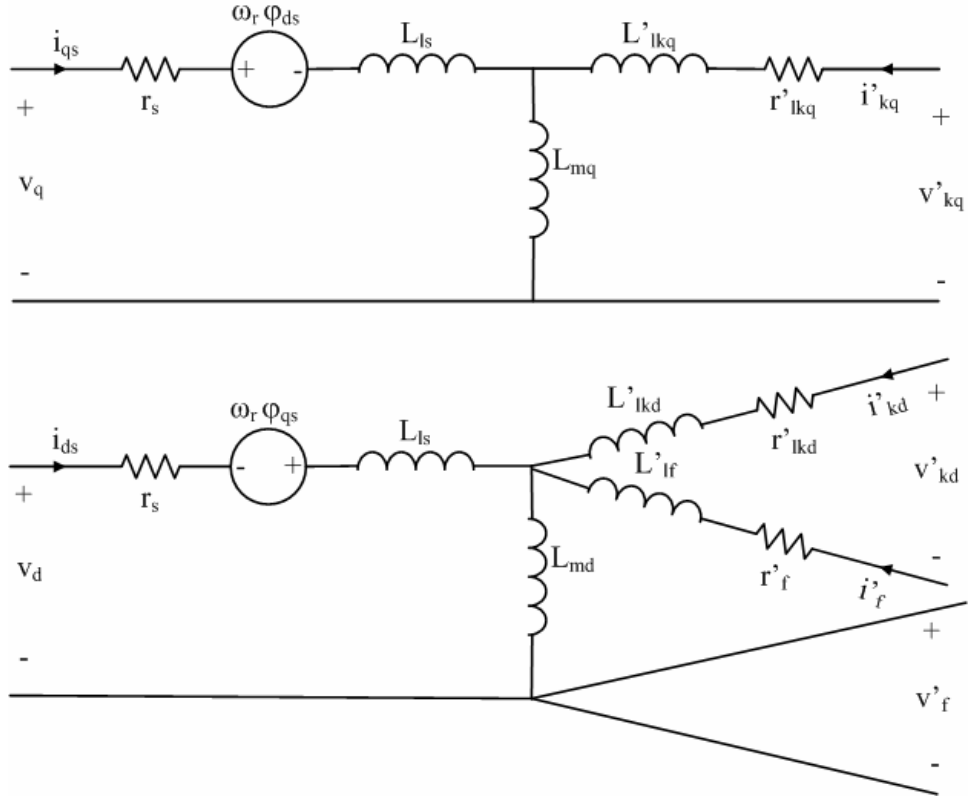
$\Delta\psi_m$ ile ψ_m^{sat} arasındaki bağıntı, Şekil 3.2’de gösterilen makinanın boşa çalışma test eğrisi ile belirlenebilir. Şekil 3.4’te ortak akı doyumunun dahil olduğu asenkron makina benzetimine ait yapı gösterilmiştir [43].



Şekil 3.4. Manyetik akının hesabı

3.4. Senkron Motor

Modellemede Senkron motorun üç fazlı, çıkık kutuplu, d-q eksenlerinde bir sönüm sargısı bulunan, sabit frekanslı sinüzoidal gerilimli bir şebekeden beslendiği kabul edilmiştir ve harmonikler, damper sargıları, girdap akımları ve doyum etkileri dikkate alınmamıştır. Rotor referans düzleminde iki rotor sargısı ve üç faz stator sargıları için makinanın gerilim denklemleri kolayca çıkarılabilir [60-62]. Rotor referans düzlemine göre eşdeğer devresi Şekil 3.5’te görülmektedir. Tüm motor parametreleri ve elektriksel nicelikler stator tarafında gösterilmiştir.



Şekil 3.5. Senkron motor d-q eşdeğer devresi

Senkron motorun denklemlerini rotor referans çatıda ifade etmek için stator büyüklükleri ve eşdeğer devrelerden yararlanarak, aşağıdaki denklemlerle ifade edilebilir [43]. Statora indirgenmiş rotor büyüklükleri (') ifadesi ile gösterilmiştir. Rotor referans çatıdaki gerilim denklemleri,

$$v_{qs} = r_s i_{qs} + \omega_r \psi_{ds} + \frac{d}{dt} \psi_{qs} \quad (3.36)$$

$$v_{ds} = r_s i_{ds} - \omega_r \psi_{qs} + \frac{d}{dt} \psi_{ds} \quad (3.37)$$

$$v'_{kq} = r'_{kq} i'_{kq} + \frac{d}{dt} \psi'_{kq} \quad (3.38)$$

$$v'_{kd} = r'_{kd} i'_{kd} + \frac{d}{dt} \psi'_{kd} \quad (3.39)$$

$$v'_f = r'_f i'_f + \frac{d}{dt} \psi'_f \quad (3.40)$$

Burada, v_{qs} , v_{ds} , stator gerilimleri, v'_{kq} , v'_{kd} , damper sargı gerilimleri, v'_f , alan gerilimi, ψ_{qs} , ψ_{ds} stator halkalama akıları, ψ'_{kd} , ψ'_{kq} , damper sargı akıları, ψ'_f , alan akısı, ψ_{mq} , ψ_{md} , d-q ortak akı, ω_r , elektriksel rotor hızı, L_{ls} , stator indüktansı, r_s , stator direnci, L'_{lkd} , L'_{lkq} , damper sargı indüktansları, r'_{lkd} , r'_{lkq} , damper sargı dirençleri, r'_f , alan sargı direncidir.

Halkalama akıları, d-q eksenı değişkenlerine göre farklı sargılardaki akımlara bağlıdır ve aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$\frac{d}{dt} \psi_{qs} = v_{qs} - \omega_r \psi_{ds} - \frac{r_s}{L_{ls}} + \frac{r_s}{L_{ls}} (\psi_{mq} - \psi_{qs}) \quad (3.41)$$

$$\frac{d}{dt} \psi_{ds} = v_{ds} + \omega_r \psi_{qs} + \frac{r_s}{L_{ls}} (\psi_{md} - \psi_{ds}) \quad (3.42)$$

$$\frac{d}{dt} \psi'_{kq} = \frac{r'_{kq}}{L'_{lkq}} (\psi_{mq} - \psi'_{kq}) \quad (3.43)$$

$$\frac{d}{dt} \psi'_{kd} = \frac{r'_{kd}}{L'_{lkd}} (\psi_{md} - \psi'_{kd}) \quad (3.44)$$

$$\frac{d}{dt} \psi'_f = \frac{r'_f}{L_{md}} \left\{ E_f + \frac{L_{md}}{L'_{lf}} (\psi_{md} - \psi'_f) \right\} \quad (3.45)$$

burada,

$$\psi_{mq} = L_{mq} (i_{qs} + i'_{kq}) \quad (3.46)$$

$$\psi_{md} = L_{md} (i_{ds} + i'_{kd} + i'_f) \quad (3.47)$$

$$E_f = \omega_e L_{md} \left(\frac{V'_f}{r'_f} \right) \quad (3.48)$$

$$\psi_{qs} = L_{ls} i_{qs} + \psi_{mq} \quad (3.49)$$

$$\psi_{ds} = L_{ls} i_{ds} + \psi_{md} \quad (3.50)$$

$$\psi'_f = L'_{lf} i'_f + \psi_{md} \quad (3.51)$$

$$\psi'_{kd} = L'_{lkd} i'_{kd} + \psi_{md} \quad (3.52)$$

$$\psi'_{kq} = L'_{lkq} i'_{kq} + \psi_{mq} \quad (3.53)$$

Motorun moment ifadesi ise,

$$T_e = \frac{3}{2} \frac{P}{2} \left(\psi_{ds} i_{qs} - \psi_{qs} i_{ds} \right) \quad (3.54)$$

olarak yazılır.

4. SANAL ELEKTRİK MAKİNALARI LABORATUAR ORTAMI

4.1. Giriş

Elektrik mühendisliği eğitiminde laboratuvar çalışmalarının, öğrencilere kazandırdığı birçok önemli fonksiyonları vardır. Bu fonksiyonlar içerisinde en temel olanları [63];

- Öğrencilerin, laboratuvar çalışmaları içerisindeki deneyleri tamamlayarak temel yetenekler ve pratik beceriler kazanmaları,
- Öğrencilerin, elektrik makinalarına ait donanımı, temel ölçümleri, kanunları ve uygulamaları öğrenebilmeleri,
- Öğrencilerin, deneylerin sonuçlarını doğrudan gözlemleyerek, pratik ve deneysel sonuçları en iyi şekilde yorumlayabilmeleri,

şeklinde sıralanabilir.

Bir laboratuvar deneyinin nasıl tanımlanacağı belirlendikten sonra yapılacak ilk şey deneyin amaçlarını anlamaktır. Laboratuvar deneyinin temel amacı, kavramları ve teorik bilgileri kavramaya ve öğrencilerin daha iyi öğrenmelerine yardımcı olmaktır. Bu deneyler ayrıca, kavramları gözden geçirme, cihazları kullanma ve tasarım, gözlemlleme, analiz ve sentez yeteneklerini geliştirme fırsatlarını da sunmaktadır. Fakat gerçek dünyada, özellikle elektrik makinaları alanında, öğrenciler için yeterli donanımı sağlamak zaman, yer ve maliyet açısından kısıtlıdır [64].

Genelde elektrik mühendisliği laboratuvarlarında, veriler, analog-dijital voltmetre, ampermetre, wattmetre ve osiloskop kullanılarak elde edilmektedir. Öğrenciler deney esnasında zamanlarının geniş bir bölümünü bu ölçümleri almak için harcarlar. Ayrıca, öğrenciler deneysel parametrelerin değişiminden dolayı bazı niceliklerin etkilerini gözlemleyemezler. Zamanla değişen büyüklüklerin bir kısmı deneyden sonra hesaplanarak etkileri gözlemlenir [65].

Gerçek laboratuvar ortamına sahip olma avantajı; laboratuvar deneylerinin en küçük ayrıntısıyla sanal ortamda da gerçekleştirme imkânı sunulmasıyla daha avantajlı hale getirilebilir. Bu avantajlar aşağıdaki gibi sıralanabilir [64];

- Sanal ortamda deneylerin gerçekleştirilmesi, gerçek laboratuvar ortamında yapılacak deneyden önce öğrencilerin konuyu anlamalarına katkı sağlayacaktır. Çünkü öğrencilerin çoğu laboratuvar çalışmalarına herhangi bir deneyim olmadan başlamaktadır.
- Sanal laboratuvarla öğrencilerin, deneyde verilmek istenen kavram, analiz ve ölçüm gibi yetenekleri kazanmaları sağlanacaktır.

- Öğrenciler, laboratuvar çalışmalarında deneyin amacını ve kavramını deneyin sonunda yazmaya başladıklarında daha iyi anladıklarını söylemektedirler. Elbette öğrencilerin deneyi pratik olarak yeniden tekrarlamaları çoğu zaman imkânsızdır. Sanal laboratuvarın kullanılması ile bu durum önlenilebilecektir. Öğrenciler laboratuvar çalışmalarında yapacakları deneyin amacını ve kavramını sanal laboratuvar uygulamaları ile tam olarak anlayabileceklerdir.
- Hazırlanan sanal laboratuvarın gerçek sistemi tam ve doğru olarak yansıtmaması, kazanılan yeteneklerin gerçek sisteme taşınmasına kolaylık sağlayacaktır.

Yukarıda sayılan nedenlerle oluşturulan sanal laboratuvar, elektrik mühendisliği alanında gerçek deneylerin performansı yeteneğine sahip olacak şekilde tasarlanmıştır. Örneğin, öğrenciler motorun yüklenmesi durumunda gerilim ve akımdaki değişimleri anında görebilir ve istedikleri değişiklikleri uygulayabilirler.

Bu amaçla, Doğrultucu, Evirici, Fırçasız Doğru Akım Motoru, Senkron Motor ve Asenkron Motora ait deneyler internet ortamında online öğretime imkân tanıyacak şekilde sanal elektrik makinaları laboratuvarı olarak hazırlanmıştır. Bu bölümde hazırlanan sanal uygulama laboratuvarının yapısı, kullanımı ve grafiksel sonuçları verilecektir. Bir web sağlayıcısından sanal ortama ait web sayfasına bağlanıldığında Şekil 4.1'deki görüntü ekrana gelmektedir.

Sayfa içerisinde bulunan uygulamalar, değerlendirme, ziyaretçi defteri ve tartışma-forum bölümlerini kullanabilmek için üyelik gerekmektedir. Üyelik girişi tıklandıktan sonra üye olmak için gerekli bilgilerin istenildiği bir form ekrana gelmektedir (Şekil 4.2). Üye girişi ile sayfaya bağlanıldığında bütün bağlantılar aktif olmaktadır.



Şekil 4.1. Sanal Elektrik Makinaları Laboratuvarı web sayfası görünümü

DOĞRULTUCU EVİRİCİ DOĞRU AKIM MOTORU SENKRON MOTOR ASENKRON MOTOR DEĞERLENDİRME ZİYARETÇİ DEFTERİ TARTIŞMA-FORUM YÖNETİCİ SINAV	Üye olmak için aşağıdaki formu doldurunuz Adınız : Soyadınız : Kullanıcı Adı : Şifre : Şifre (Tekrar): E-mail : Gönder
---	--

Kullanıcı

Şifre

[Üyelik Girişi](#)

Şekil 4.2. Üyelik girişi için üyelik formu

4.2. Uygulama Bölümü

Uygulama bölümü, *Doğrultucu*, *Evirici*, *Fırçasız Doğru Akım Motoru*, *Senkron Motor* ve *Asenkron Motor* uygulama kısımlarından oluşmaktadır (Şekil 4.3). Bu modülün amacı, sınıf ortamında verilen teorik bilgiler ışığında öğrencilerin sanal olarak uygulamaları yapması ve bilgilerini pekiştirmesidir. Öğrenciler, yaptıkları uygulamaların sonuçlarını anlık grafiksel olarak görebilmektedir.

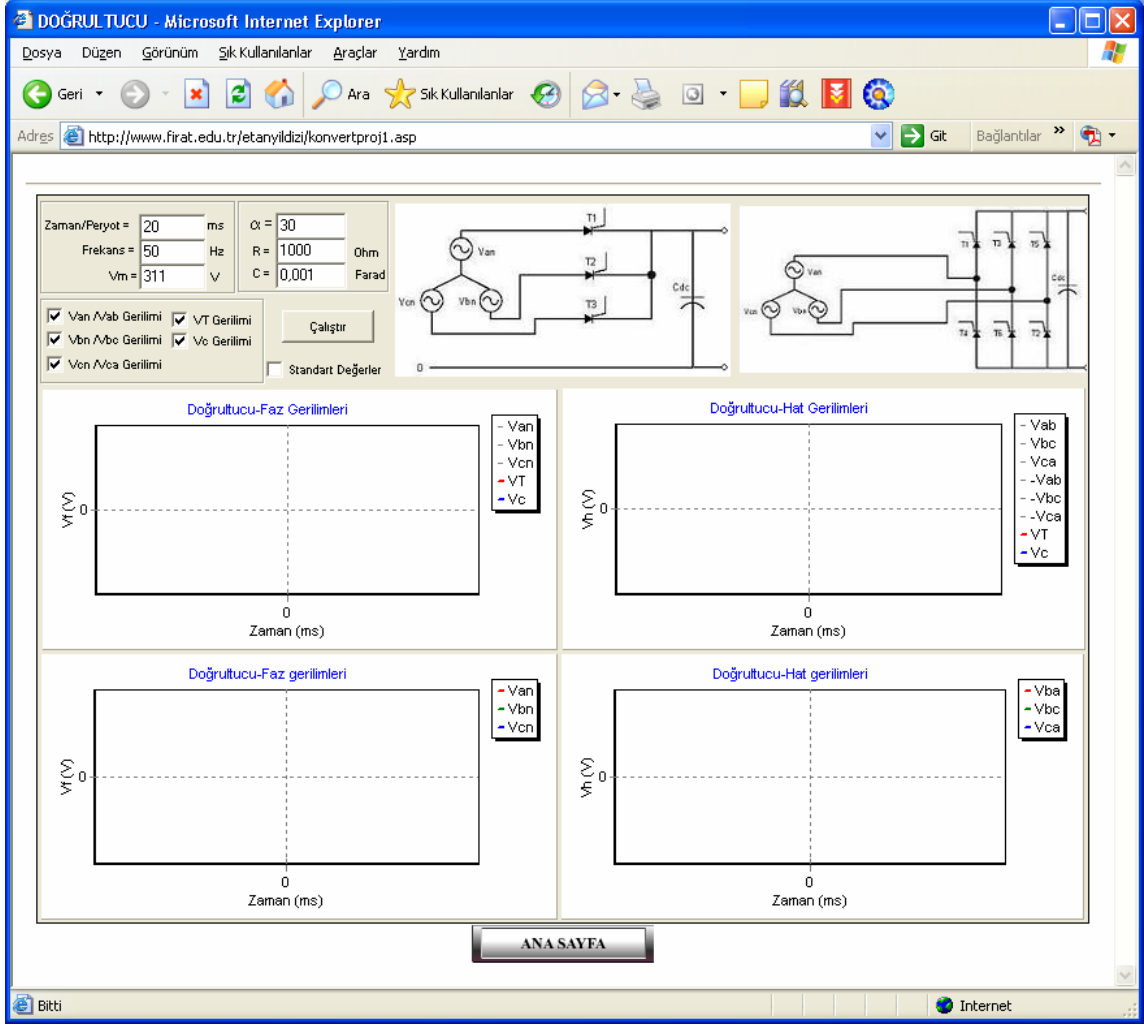


Şekil 4.3. Uygulama bölümüne ait bağlantıların görünümü

4.2.1. Doğrultucu Sanal Uygulaması

Uygulaması yapılan doğrultucu devre benzetimi teorik ve pratik bilgiler ışığında tasarlanmıştır. Doğrultucu uygulamasında, doğrultucu referans değerleri, üç faz yarım ve tam dalga doğrultucu devresi, doğrultucu faz ve hat gerilimleri bölümleri bulunmaktadır. Doğrultucu sanal uygulamasının genel yapısı Şekil 4.4'te görülmektedir.

Doğrultucu referans değerleri giriş bölümünde, yarım dalga ve tam dalga doğrultucu grafikleri için Zaman/Peryot, Frekans, V_m (gerilimin tepe değeri), α (tetikleme açısı), R (direnç) ve C (kondansatör) değerlerinin girildiği kısımdır. Buradaki α tetikleme açısının değeri $\pi/6 + \alpha'$ dır. Çünkü, $0 \leq \omega t \leq \pi/6$ aralığında tetikleme yapılırsa doğrultucu süreksiz iletim modunda çalışır [66]. Pencerede ayrıca her bir faz veya hat gerilimini ve devrenin V_T (kondansatörsüz) ve V_C (kondansatörlü) gerilimlerinin grafik ekranında görüntülenmesi için seçim kutuları bulunmaktadır. Öğrenciler değerleri istedikleri gibi değiştirip sonuçları analiz edebilirler. Başlangıç değerlerine geri dönmek isterlerse *Standart Değerler* seçim kutusunu aktif etmeleri yeterlidir (Şekil 4.5).



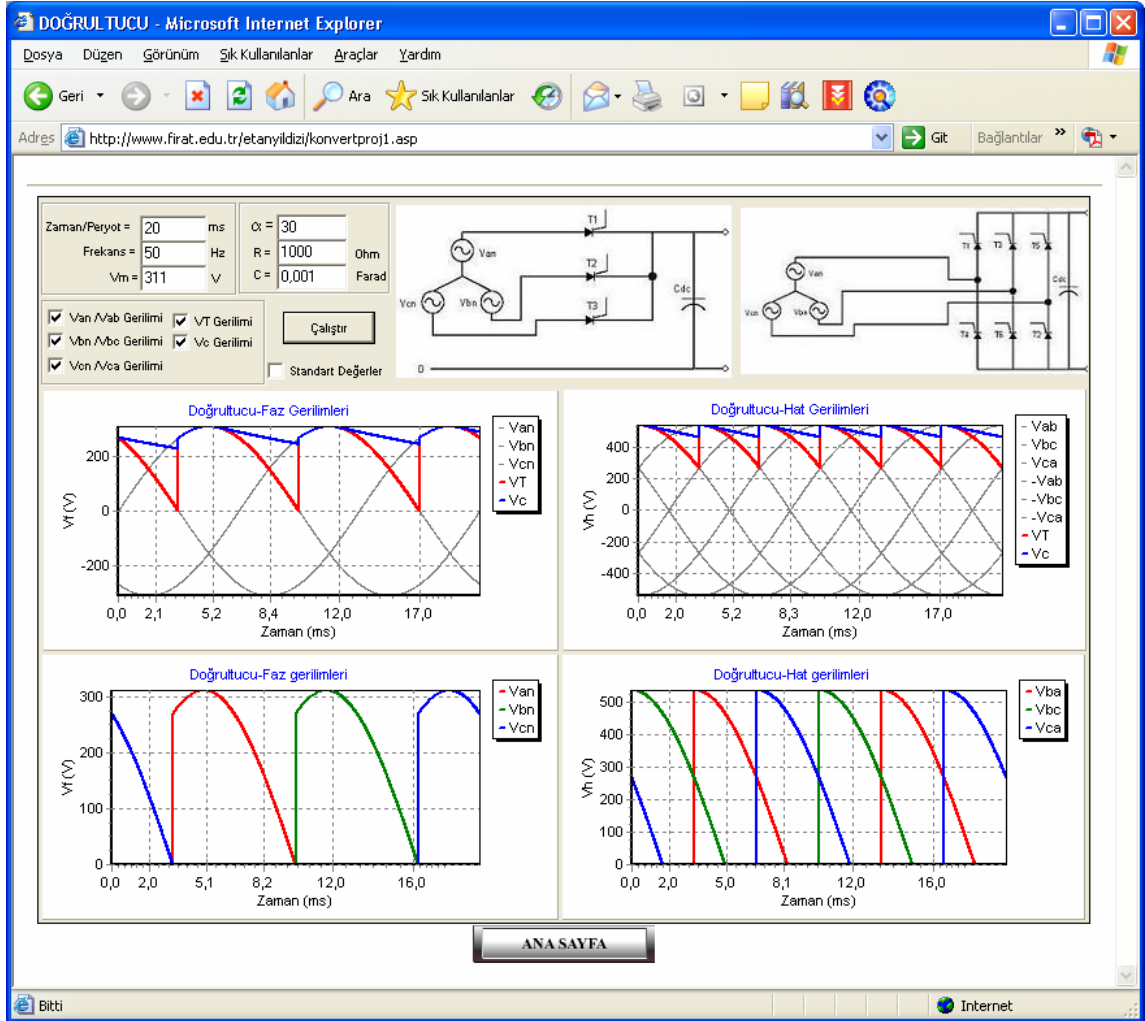
Şekil 4.4. Doğrultucu sanal uygulamasının genel yapısı

Zaman/Peryot =	20	ms	α =	30
Frekans =	50	Hz	R =	1000 Ohm
Vm =	311	V	C =	0.001 Farad
☒ Van /Vab Gerilimi ☒ VT Gerilimi ☒ Vbn /Vbc Gerilimi ☒ Vo Gerilimi ☒ Vcn /Vca Gerilimi ☐ Standart Değerler				
Çalıştır				

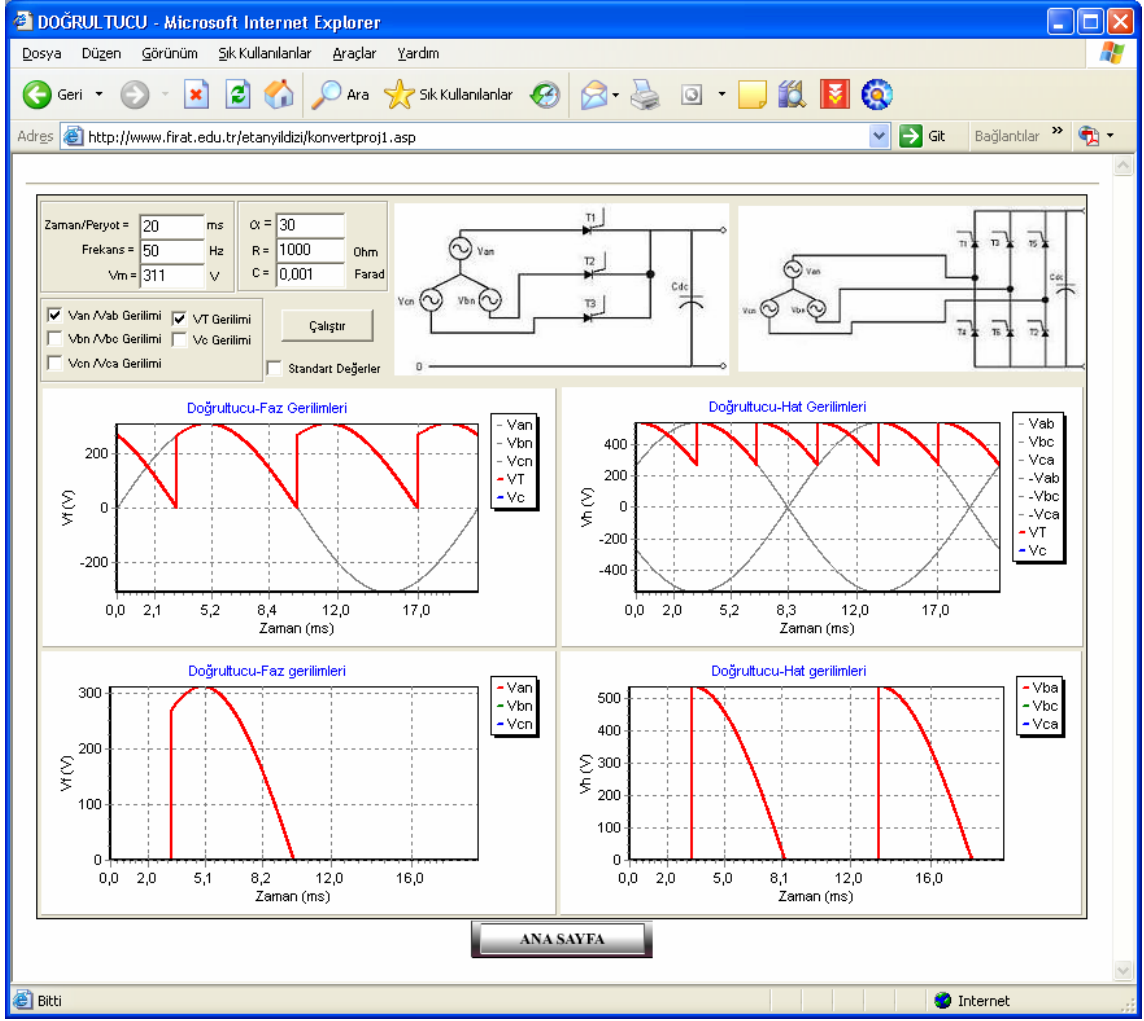
Şekil 4.5. Doğrultucu referans değerlerinin verildiği bölümün görünümü

Doğrultucu sanal uygulaması benzetim sonuçlarını görmek için *Çalıştır* butonunu tıklamak yeterlidir. Ayrıca kullanıcının yapmış olduğu değişiklikler sonucunda giriş tuşu veya seçim kutularını aktif/pasif etmesi durumunda *Çalıştır* butonuna basılmadan da işlem sonuçları grafik pencerelerinde görüntülenir. Şekil 4.6'da, Şekil 4.5'deki değerler için elde edilen grafiksel sonuçların verildiği arabirimler görülmektedir. Burada, iki farklı arabirim yapısı

vardır; birinci kısımda yarım veya tam dalga doğrultucu için doğrultulmuş çıkış gerilimleri, ikinci kısımda ise yarım ve tam dalga doğrultucu şekillerinin tetikleme açısına göre faz veya hat gerilimlerinin dalga şekilleri görülmektedir. Eğer sadece V_{an}/V_{ab} gerilimleri (faz/hat) için değerleri görüntülemek istersek, V_{bn}/V_{bc} ve V_{cn}/V_{ca} gerilimleri'ne ait kontrol kutularını pasif yapmamız yeterlidir (Şekil 4.7).

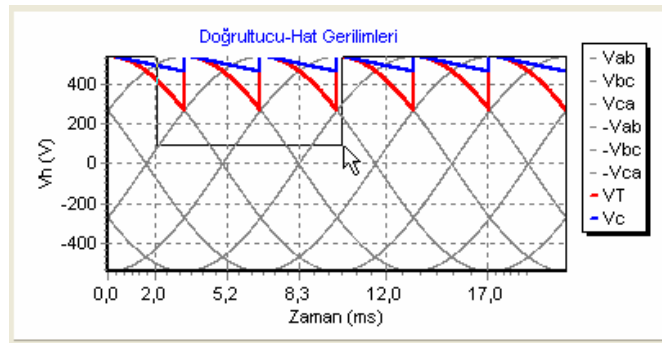


Şekil 4.6. Üç fazlı yarım ve tam dalga doğrultucu için benzetim sonuçları

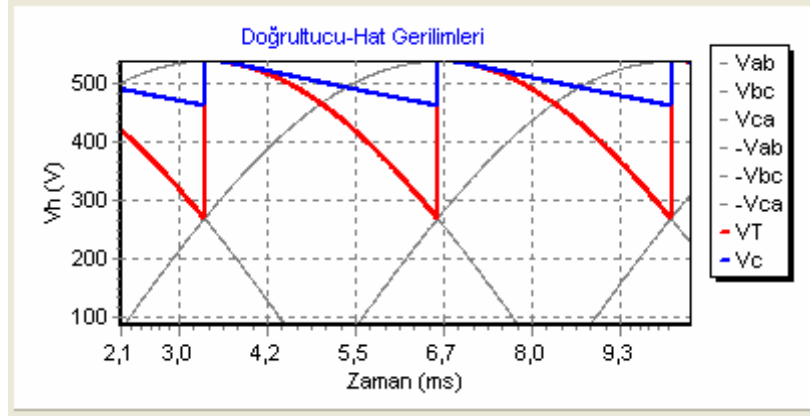


Şekil 4.7. Üç fazlı yarım ve tam dalga doğrultucunun tek fazına ait benzetim sonuçları

Sanal uygulamada verilen grafiklerin sonuçlarını daha ayrıntılı görmek için grafik üzerinde fare ile yukardan aşağıya doğru büyütülmek istenen kısım bir kutu çizilerek seçilmelidir (Şekil 4.8). Kutu içine alınan kısım grafiğin tümünü kaplayarak büyür (Şekil 4.9). Grafiği tekrar eski haline getirmek için ise aynı işlem aşağıdan yukarı yapılır.

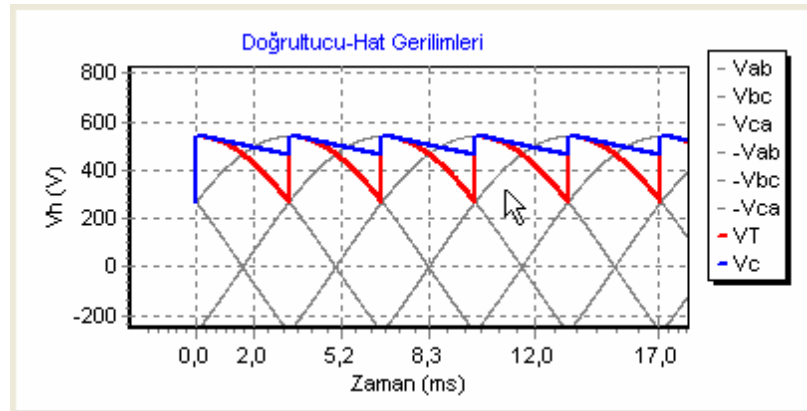


Şekil 4.8. Üç Faz Tam Dalga Doğrultucu grafiğini büyültme işlemi



Şekil 4.9. Üç Faz Tam Dalga Doğrultucu grafiğinde seçilen kısmın büyütülmüş hali

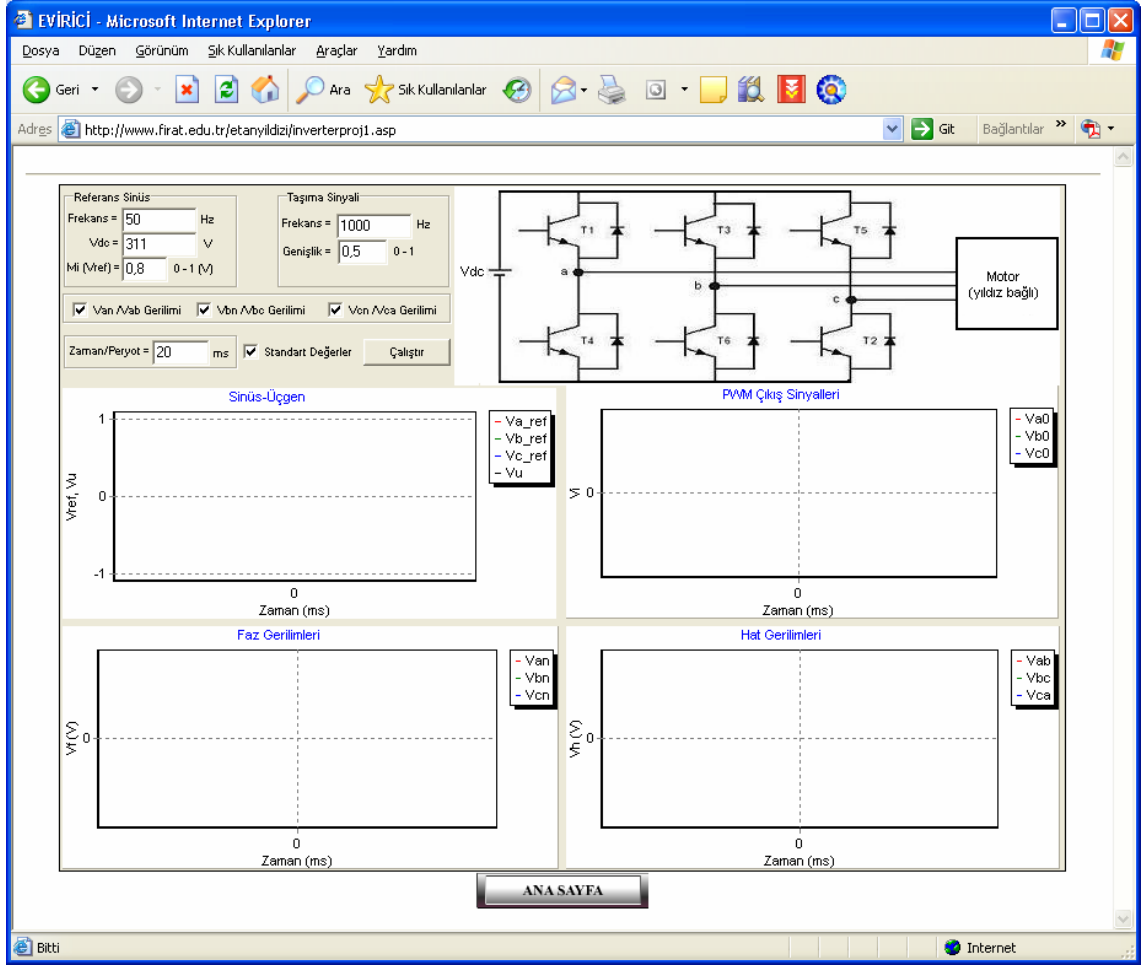
Grafik sonuçlarının alt-üst, sol-sağ sınırlarını görmek için grafiğin herhangi bir yerinde farenin sağ tuşu basılı tutularak istenilen yönde hareket ettirilir. Örnek olarak grafiğin üst ve sol kısmının kaydırılmış hali Şekil 4.10'da görülmektedir.



Şekil 4.10. Üç Faz Tam Dalga Doğrultucu grafiğinin sınır kısımlarının kaydırılmış hali

4.2.2. Evirici Sanal Uygulaması

Uygulama bölümünden *Evirici Sanal Uygulaması* seçildiğinde (Şekil 4.3) Şekil 4.11'de görülen sayfa ekrana gelir. Evirici sanal uygulamasında, evirici referans değerleri, üç faz evirici devresi, referans sinüs üçgen-karşılaştırması, PWM çıkış sinyalleri, evirici faz gerilimleri, evirici hat gerilimleri bölümleri bulunmaktadır.



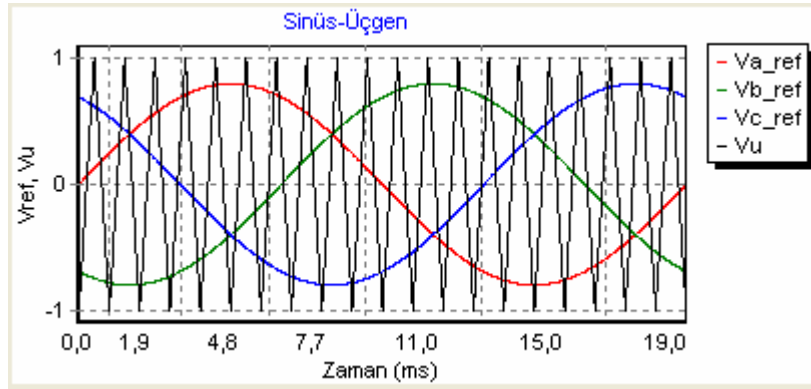
Şekil 4.11. Evirici sanal uygulamasının genel yapısı

Evirici referans değerleri girildiği bölümde, *Referans Sinüs* kısmında frekans, dc gerilim değeri (V_{dc}) ve modülasyon indeksi (M_i), *Taşıma Sinyali* kısmında frekans, üçgen dalgaının şekli için genişlik ve Zaman/Peryot değerlerinin girilmesini sağlayan metin kutuları bulunmaktadır. Ayrıca, faz veya hat gerilimlerinin sonuçlarını grafiksel olarak görmek için onay kutuları bulunmaktadır (Şekil 4.12).

Referans Sinüs		Taşıma Sinyali	
Frekans =	50 Hz	Frekans =	1000 Hz
Vdc =	311 V	Genişlik =	0,5 0 - 1
Mi (Vref) =	0,8 0 - 1 (V)		
☒ Van /Vab Gerilimi		☒ Vbn /Vbc Gerilimi	
☒ Von /Vca Gerilimi			
Zaman/Peryot =	20 ms	☒ Standart Değerler	Çalıştır

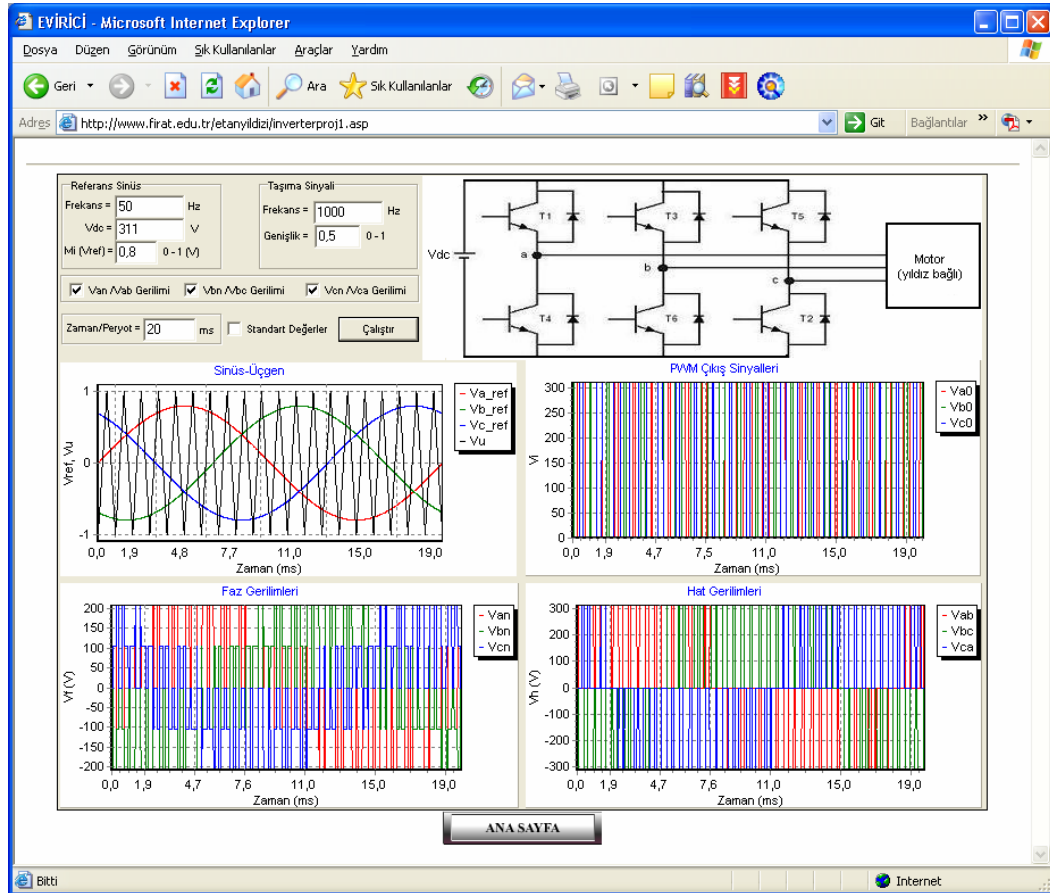
Şekil 4.12. Evirici referans değerlerinin verildiği bölümün görünümü

Evirici referans değerleri bölümünde verilen değerlere göre program çalıştırılırsa, referans sinüs-üçgen karşılaştırması bölümünün görünümü Şekil 4.13'teki gibi olur.

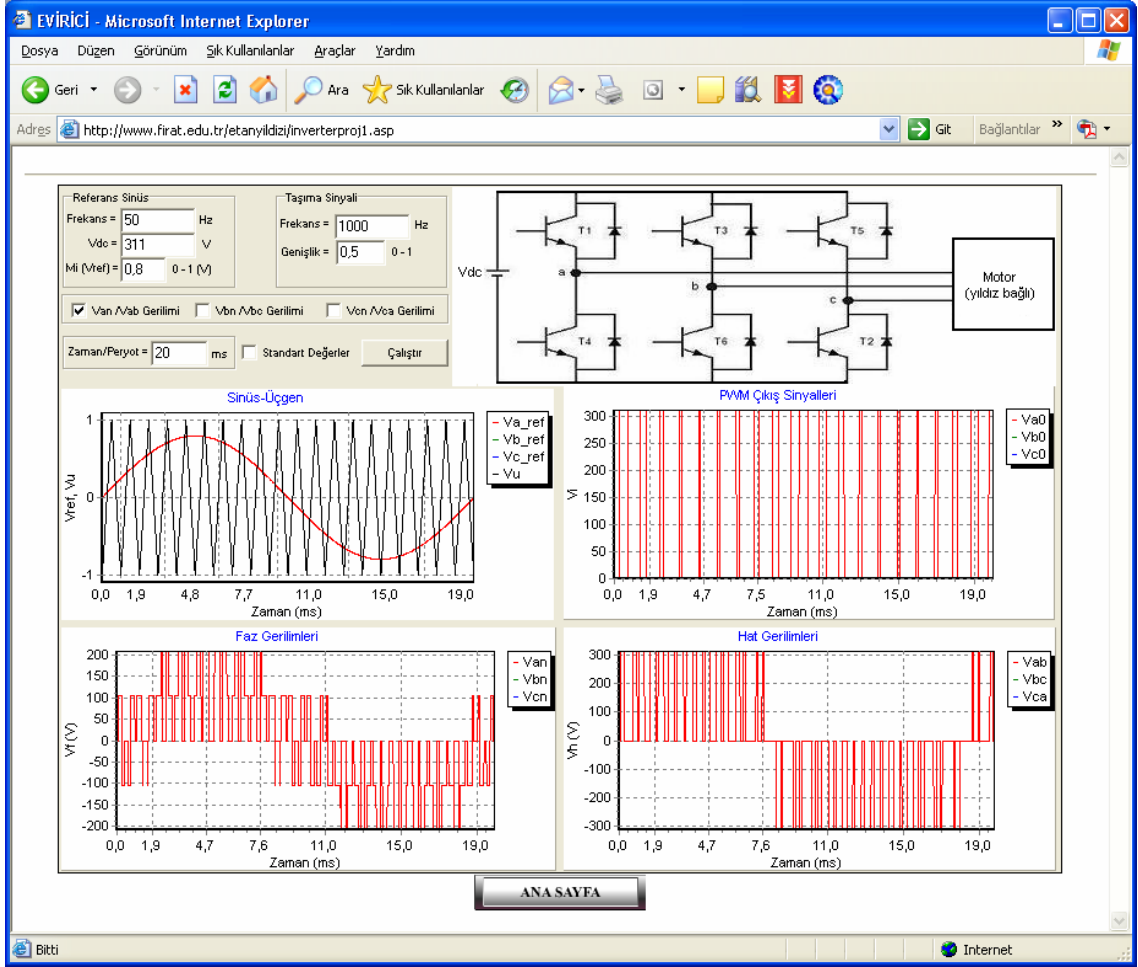


Şekil 4.13. Sinüs-Üçgen karşılaştırması

Şekil 4.12'de verilen değerlere göre uygulama çalıştırılırsa, üçgen dalga ile üç fazlı sinüzoidal dalgaların karşılaştırılması sonucu ortaya çıkan PWM çıkış sinyalleri ve bu çıkış sinyallerine göre evirici faz ve hat gerilimlerine ait dalga şekilleri Şekil 4.14'te, tek faz veya hat gerilimi için grafik sonuçlarının genel görünümü ise Şekil 4.15'te verilmiştir.



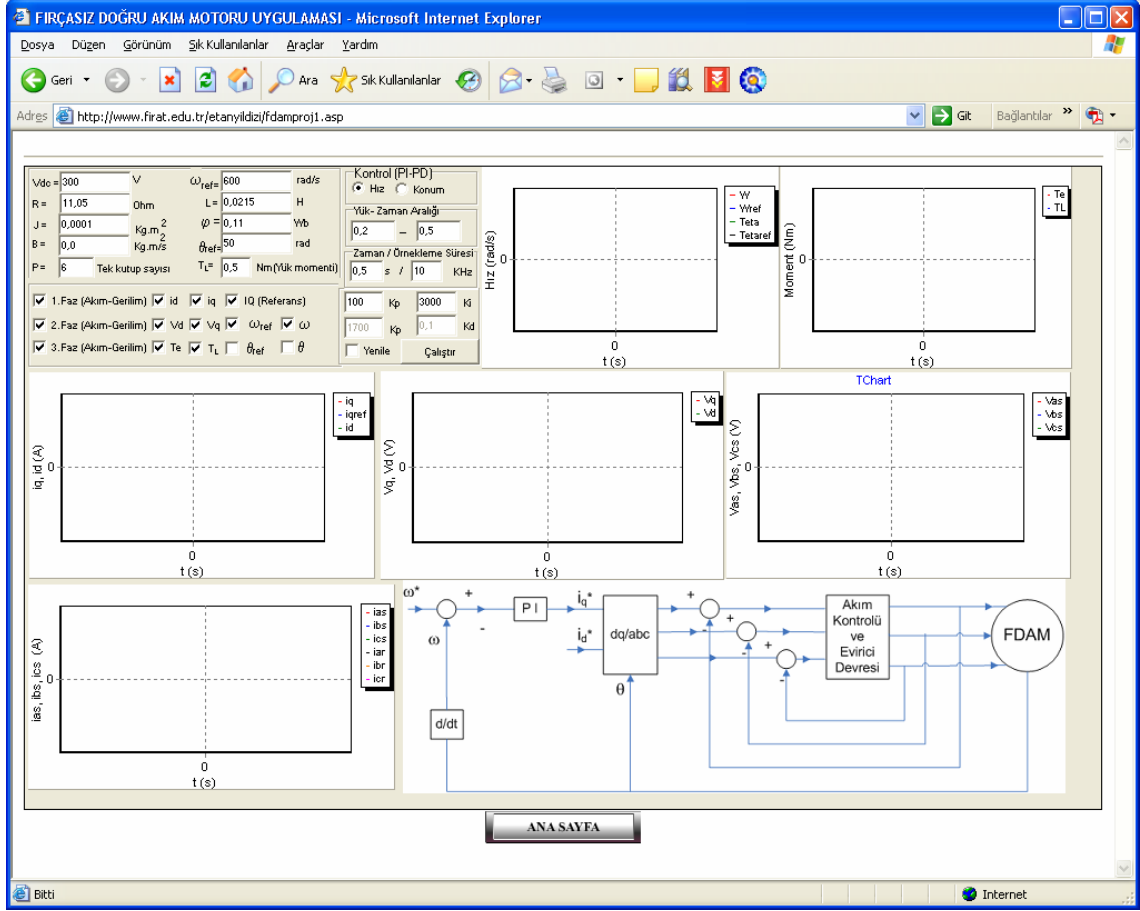
Şekil 4.14. Evirici faz ve hat gerilimlerine ait dalga şekilleri



Şekil 4.15. Tek faz veya hat gerilimi için dalga şekilleri

4.2.3. FDAM Sanal Uygulaması

Uygulama bölümünden, *Fırçasız Doğru Akım Motoru* (FDAM) uygulama kısmı seçildiğinde (Şekil 4.3) Şekil 4.16'da görülen uygulama penceresi ekrana gelir. FDAM uygulamasında rotor referans çatı modeli kullanılmıştır. Rotor referans çatıda, stator büyüklükleri, rotor referans düzlemine aktarılarak, serbest uyarımlı doğru akım motor modeline benzer bir yapı elde edilir. Böylece FDAM, serbest uyarımlı doğru akım motoru gibi kontrol edilir [37,38].



Şekil 4.16. FDAM sanal uygulamasının genel yapısı

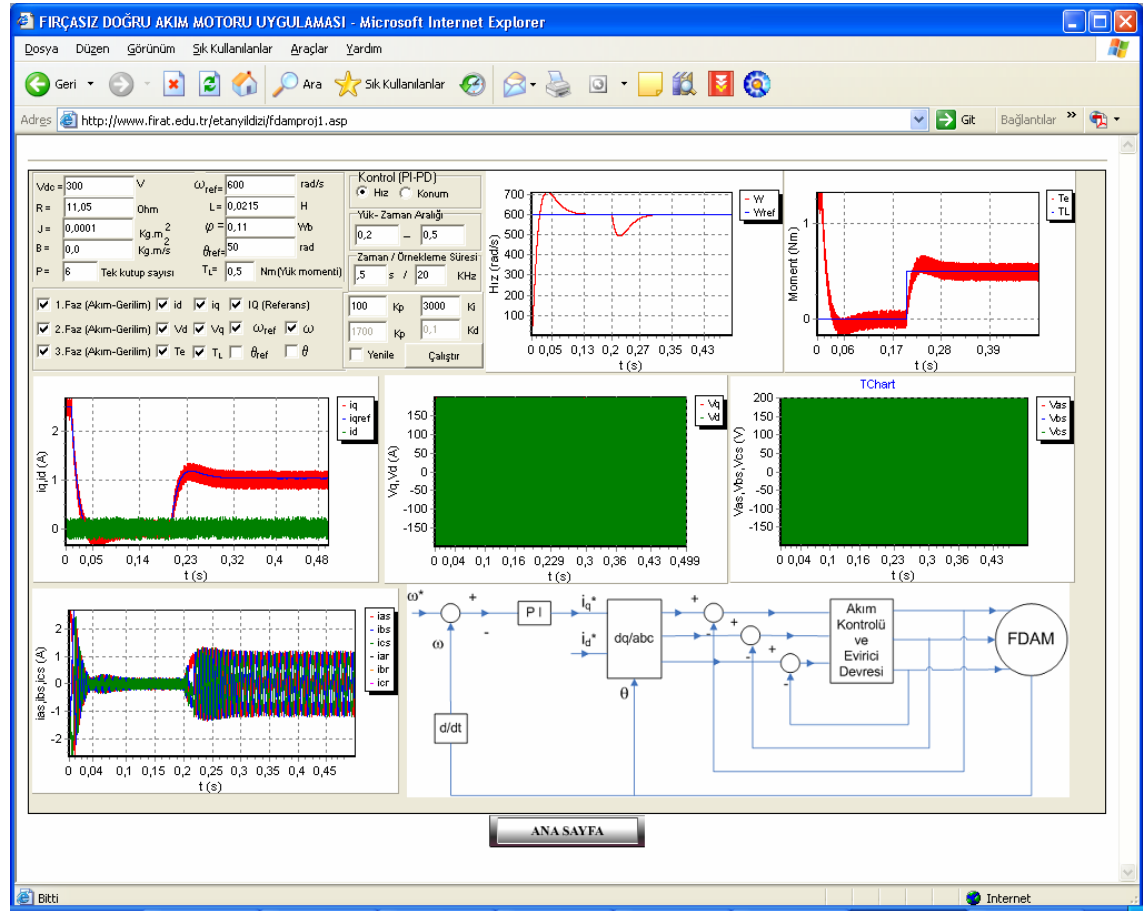
Üç fazlı fırçasız doğru akım motoru referans değerlerinin girildiği bölümde, benzetimi yapılan motor için gerekli parametreler ve referans değerler girilir (Şekil 4.17). Uygulamada, referans değerlerinin verildiği bölüm dışında, üç fazlı fırçasız doğru akım motoru devresine ait sistemin şematik gösterimi ve benzetimin çalıştırılması sonucunda ortaya çıkan grafiksel sonuçların verildiği pencereler bulunmaktadır. Grafik pencerelerinde görüntülenmek istenen sonuçlar kontrol kutularının aktif yapılması ile sağlanır.

V _{dc} = 300 V	ω _{ref} = 600 rad/s	Kontrol (PI-PD) ☒ Hız ☐ Konum
R = 11,05 Ohm	L = 0,0215 H	
J = 0,0001 Kg.m ²	φ = 0,11 Wb	Yük- Zaman Aralığı 0,2 - 0,5
B = 0,0 Kg.m/s	θ _{ref} = 50 rad	Zaman / Örnekleme Süresi 0,5 s / 10 KHz
P = 6 Tek kutup sayısı	T _L = 0,5 Nm (Yük momenti)	100 Kp 3000 Ki 1700 Kp 0,1 Kd
☒ 1.Faz (Akım-Gerilim) ☒ id ☒ iq ☒ IQ (Referans) ☒ 2.Faz (Akım-Gerilim) ☒ V _d ☒ V _q ☒ ω _{ref} ☒ ω ☒ 3.Faz (Akım-Gerilim) ☒ Te ☒ T _L ☐ θ _{ref} ☐ θ		☐ Yenile Çalıştır

Şekil 4.17. Üç fazlı doğru akım motoruna ait parametre ve referans değerlerinin verildiği bölümün görünümü

Motora ait parametreler seçildikten sonra *Hız* veya *Konum* kontrol butonlarından biri seçilerek benzetim için analiz yapılabilir. *Yük-Zaman Aralığı* kısmında, yükün uygulanmak istenen zaman aralığı, *Zaman / Örnekleme Süresi* kısmında, benzetim süresi ve örnekleme frekansı, hız ve konum kontrolü için kontrol parametreleri ise K_p , K_i ve K_d alanlarına girilmektedir. Hız referansı (ω_{ref}) ve konum referansı (θ_{ref}) girilerek istenen hız veya konum ayarı yapılmaktadır. Bu kısımda verilen değerler, motor tipi ve özelliğine bağlı olarak değiştirilebilir ve yeni sistemler için uygulanabilir.

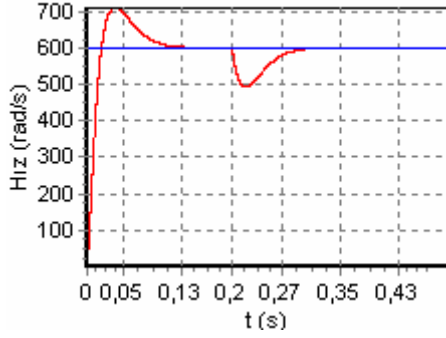
Fırçasız doğru akım motoruna ait sanal uygulamada, Şekil 4.17’de verilen parametre değerleri ile motor yüksüz başlatılmış ve 0,2’inci saniyede 0,5 Nm’lik yük momenti uygulanmıştır. Sanal uygulamaya ait benzetim sonuçlarının genel görünümü Şekil 4.18’de gösterilmiştir. Uygulama sonucunda ortaya çıkan grafikler fare yardımıyla büyütme ve taşıma yapılarak daha detaylı incelenebilir.



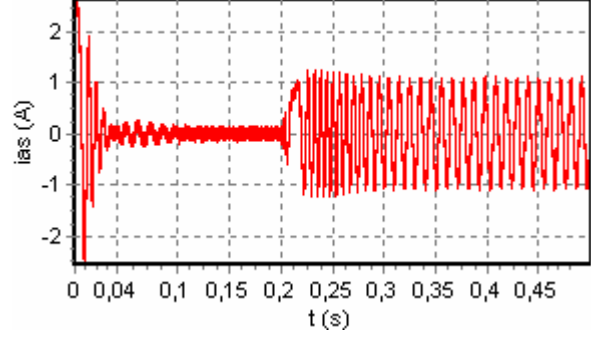
Şekil 4.18. Fırçasız doğru akım motoru benzetimine ait sonuçlar

Örnek olması bakımından bu bölümde, değişik uygulamalar yapılmış ve bunlara ait benzetim sonuçları detaylı olarak verilmiştir (Şekil 4.19-4.26).

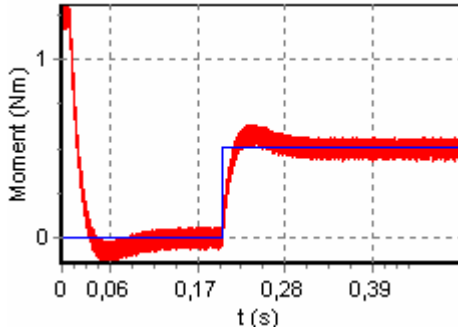
- *Hız Kontrol* butonu seçilerek, FDAM'nun açısal hız, moment, i_{as} ve i_q akımının değişimlerini incelemek için farklı giriş değerleriyle benzetim programı çalıştırılmış ve bunlara ait benzetim sonuçları Şekil 4.19 - 4.22'de verilmiştir.



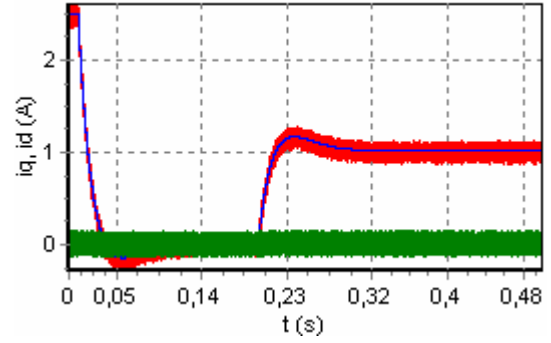
(a) Hız



(b) i_{as} akımı

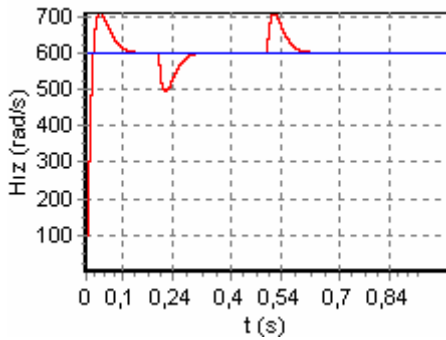


(c) Moment

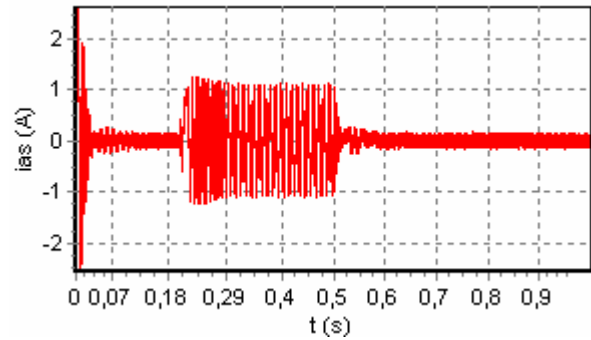


(d) i_q ve i_d akımı

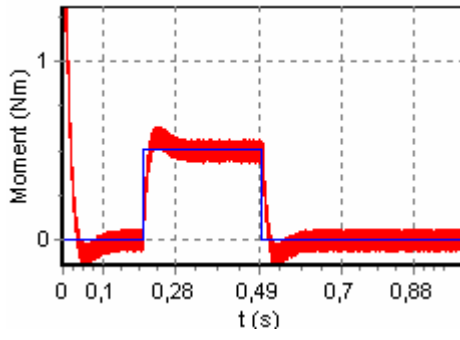
Şekil 4.19. $\omega_{ref}=600$ rad/s, $T_L=0,5$ Nm, Yük-Zaman Aralığı = 0,2-0,5 s, Zaman=0,5 s değerleri için açısal hız, konum, moment, i_{as} , i_{bs} , i_{cs} , i_q ve i_d akımı değişimi



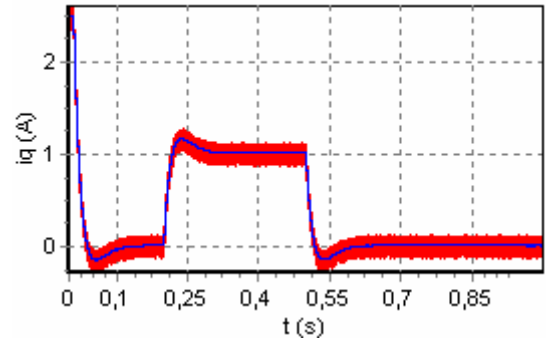
(a) Hız



(b) i_{as} akımı

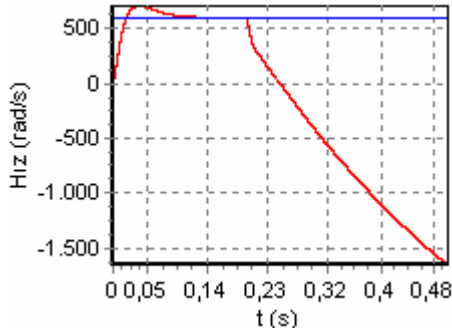


(c) Moment

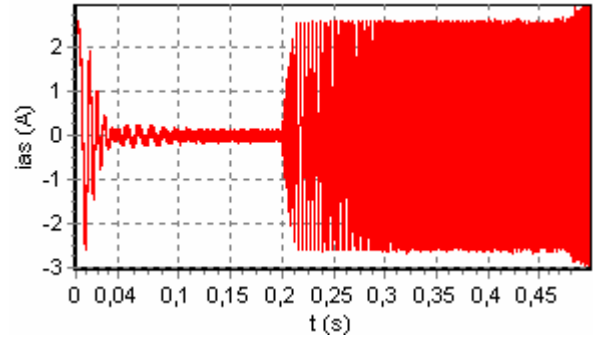


(d) i_q akımı

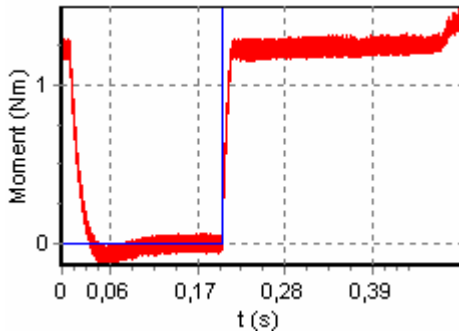
Şekil 4.20. $\omega_{ref}=600$ rad/s, $T_L=0,5$ Nm, Yük-Zaman Aralığı = 0,2-0,5 s, Zaman=1 s değerleri için açısal hız, moment, i_{as} ve i_q akımı değişimi



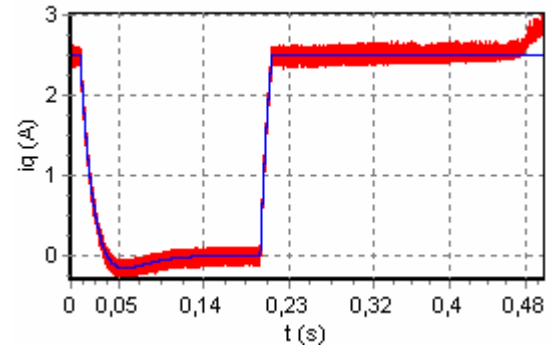
(a) Hız



(b) i_{as} akımı

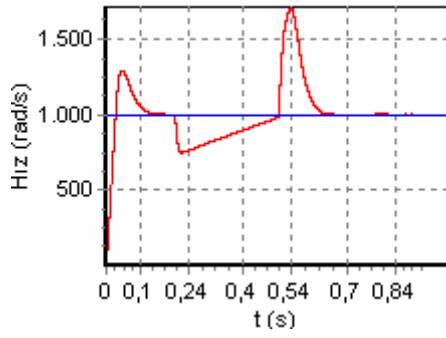


(c) Moment

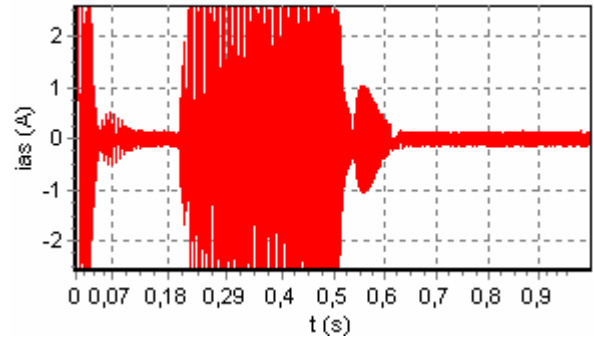


(d) i_q akımı

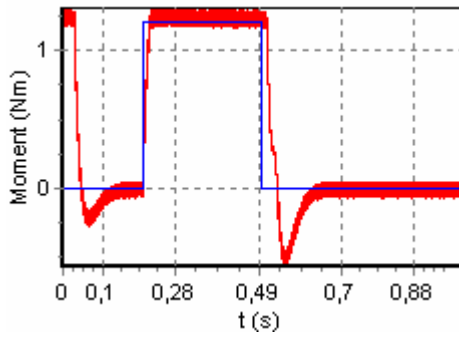
Şekil 4.21. $\omega_{ref}=600$ rad/s, $T_L=1,5$ Nm, Yük-Zaman Aralığı = 0,2-0,5 s, Zaman= 0,5 s değerleri için açısal hız, moment, i_{as} ve i_q akımı değişimi



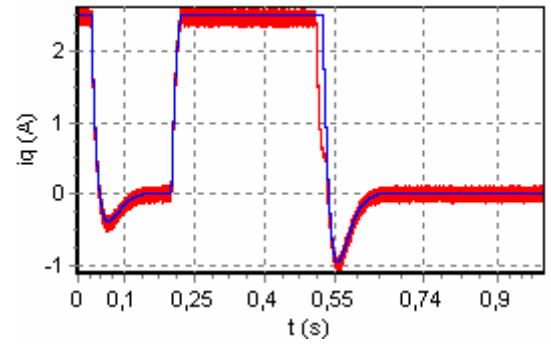
(a) Hız



(b) i_{as} akımı



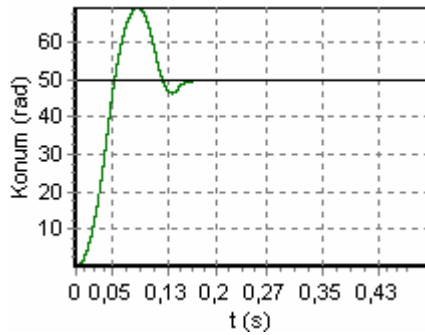
(c) Moment



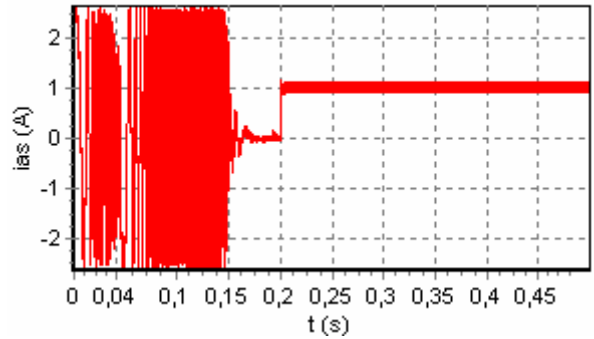
(d) i_q akımı

Şekil 4.22. $\omega_{ref}=1000$ rad/s, $T_L=1,2$ Nm, Yük-Zaman Aralığı = 0,2-0,5 s, Zaman=1 s değerleri için açısal hız, moment, i_{as} ve i_q akımı değişimi

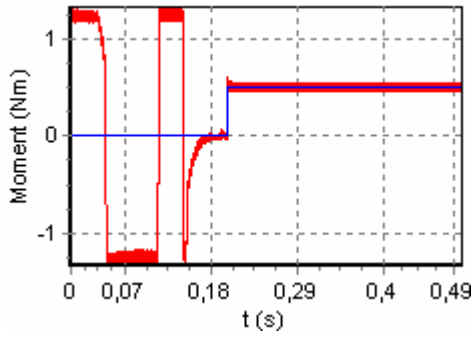
- *Konum Kontrol* butonu seçilerek, FDAM'nun konum, moment, i_{as} ve i_q akımının değişimlerini incelemek için farklı giriş değerleriyle benzetim programı çalıştırılmış ve elde edilen benzetim sonuçları Şekil 4.23 - 4.26' da verilmiştir.



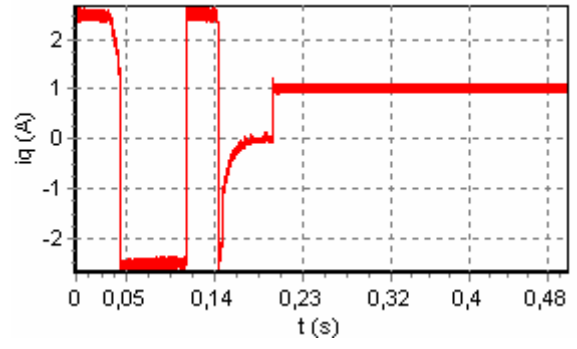
(a) Konum



(b) i_{as} akımı

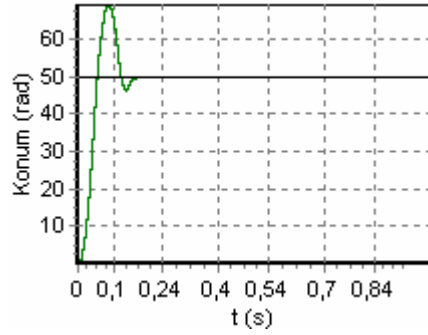


(c) Moment

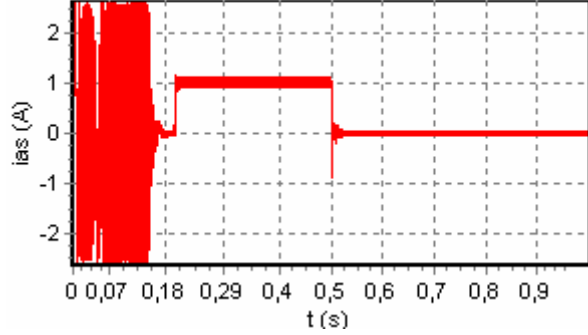


(d) i_q akımı

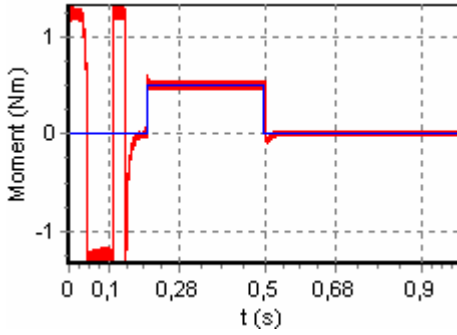
Şekil 4.23. $\theta_{ref}=50$ rad, $T_L=0,5$ Nm, Yük-Zaman Aralığı = 0,2-0,5 s, Zaman = 0,5 s değerleri için konum, moment, i_{as} ve i_q akımı değişimi



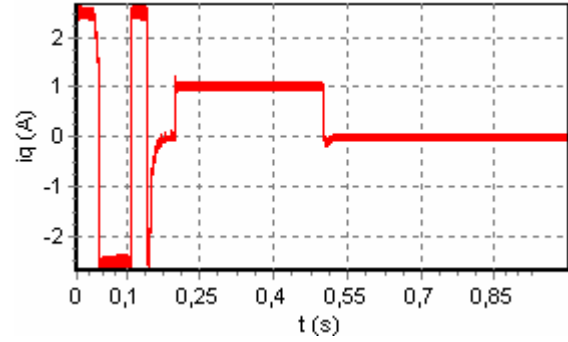
(a) Konum



(b) i_{as} akımı

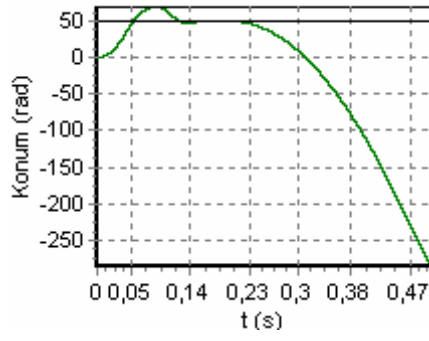


(c) Moment

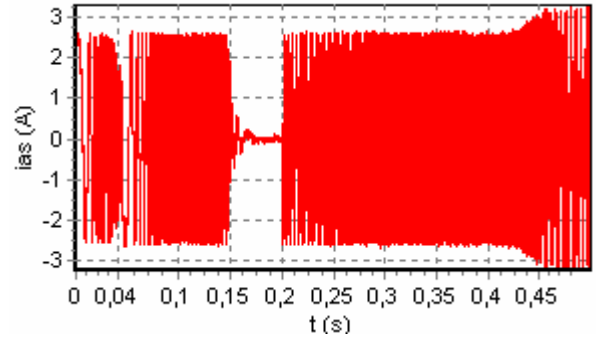


(d) i_q akımı

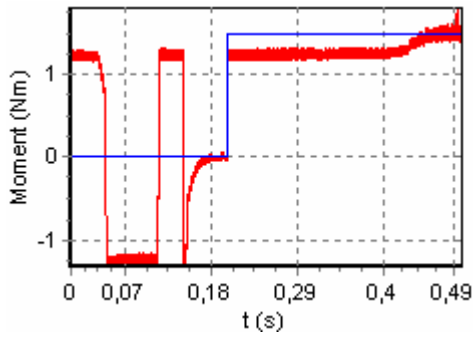
Şekil 4.24. $\theta_{ref}=50$ rad, $T_L=0,5$ Nm, Yük-Zaman Aralığı = 0,2-0,5 s, Zaman = 1 s değerleri için konum, moment, i_{as} ve i_q akımı değişimi



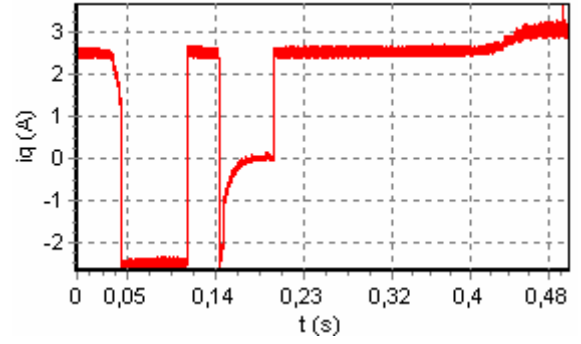
(a) Konum



(b) i_{as} akımı

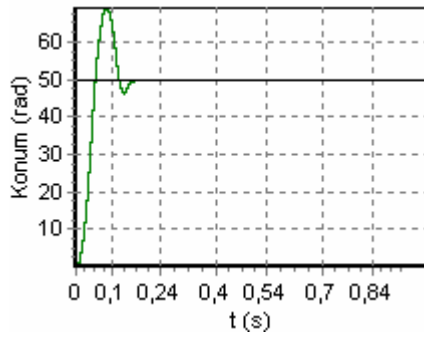


(c) Moment

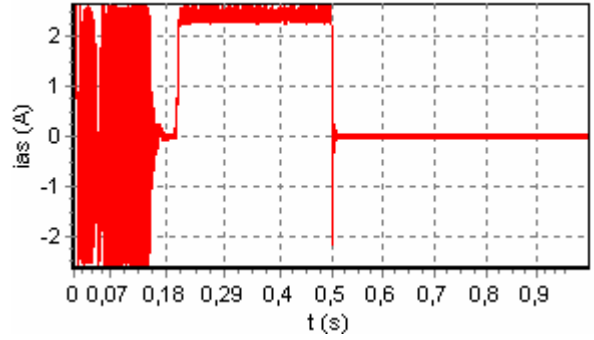


(d) i_q akımı

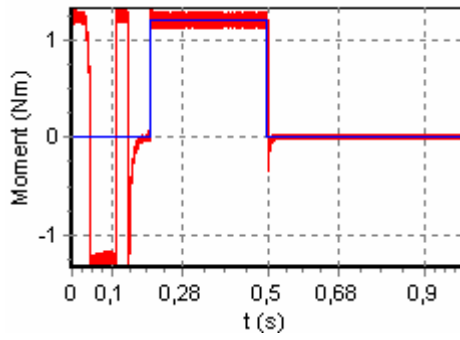
Şekil 4.25. $\theta_{ref}=50$ rad, $T_L=1,5$ Nm, Yük-Zaman Aralığı = 0,2-0,5 s, Zaman=0,5 s değerleri için konum, moment, i_{as} ve i_q akımı değişimi



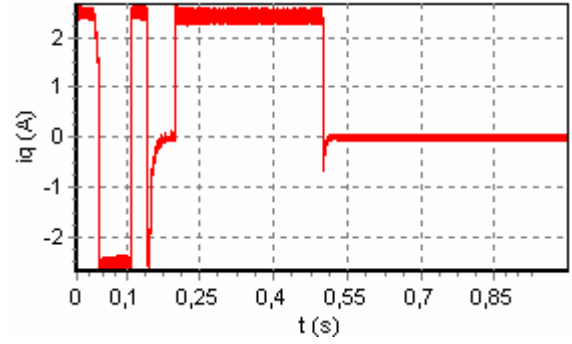
(a) Konum



(b) i_{as} akımı



(c) Moment

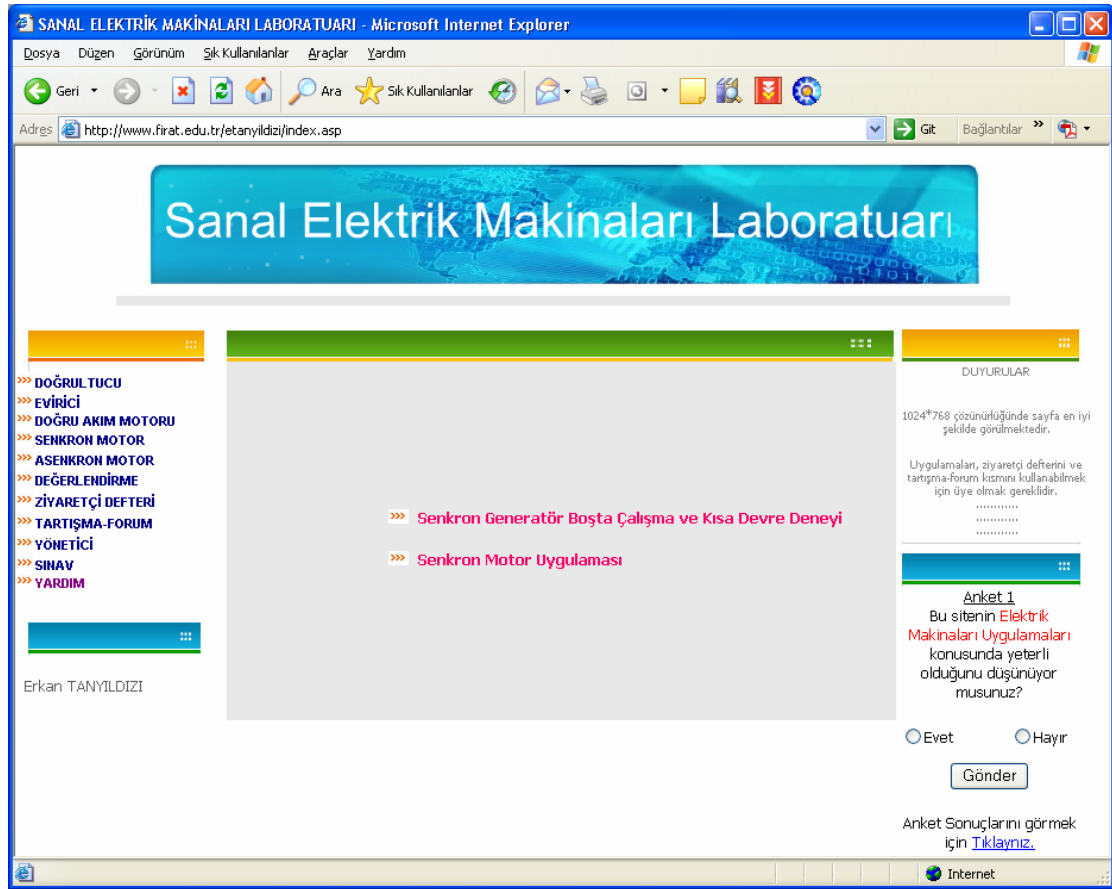


(d) i_q akımı

Şekil 4.26. $\theta_{ref}=100$, $T_L=1,2$ Nm, Yük-Zaman Aralığı = 0.2-0.5 s Zaman= 1 s değerleri için konum, moment, i_{as} ve i_q akımı değişimi

4.2.4. Sanal Laboratuar İçin Senkron Makina Uygulaması

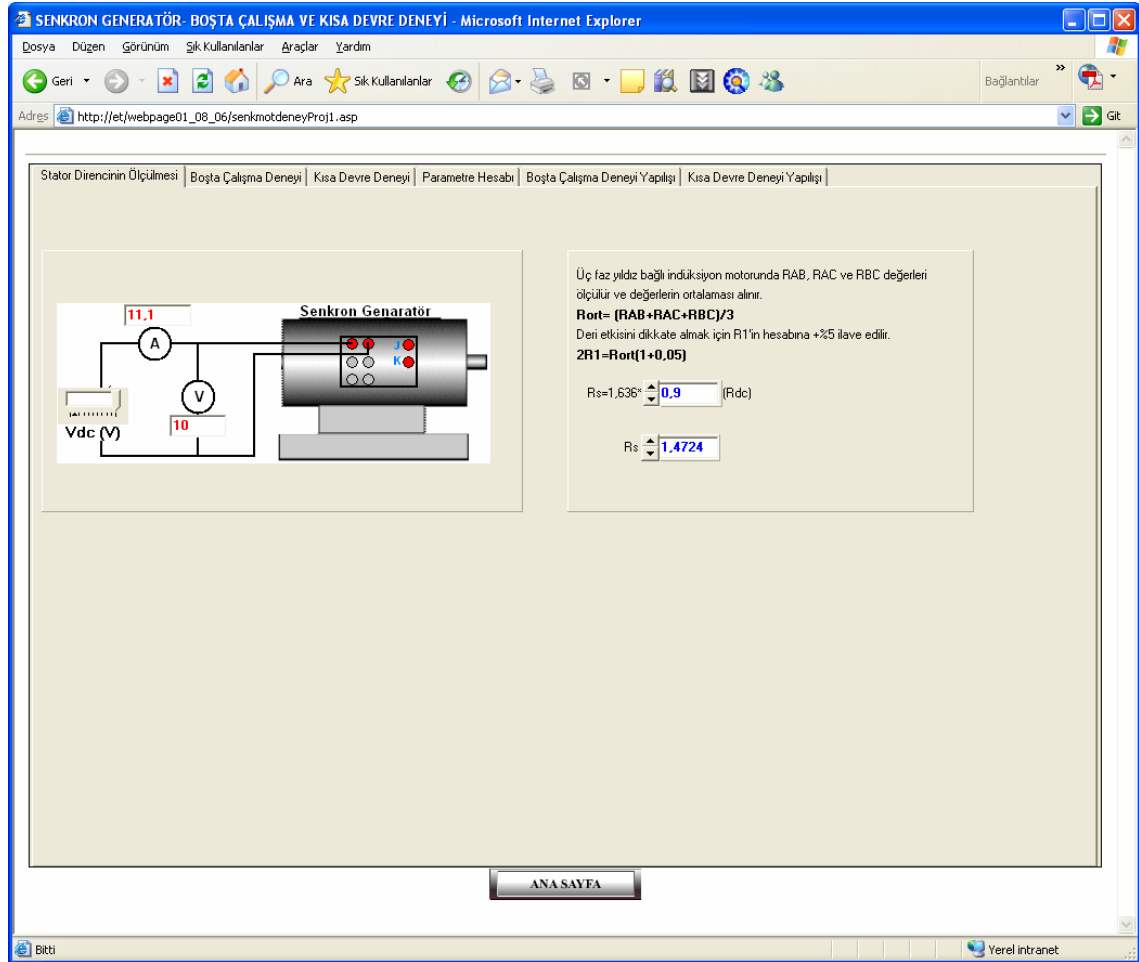
Senkron Motor sanal uygulama sayfasında *Senkron Genaratörün Boşta Çalışma ve Kısa Devre Deneyi* ve *Senkron Motor Uygulaması* şeklinde iki farklı uygulama bulunmaktadır (Şekil 4.27).



Şekil 4.27. Sanal Elektrik Makinaları Laboratuari için Senkron Motor Uygulaması sayfasının görünümü

4.2.4.1. Senkron Genaratör Boşta Çalışma ve Kısa Devre Deneyi Sanal Uygulaması

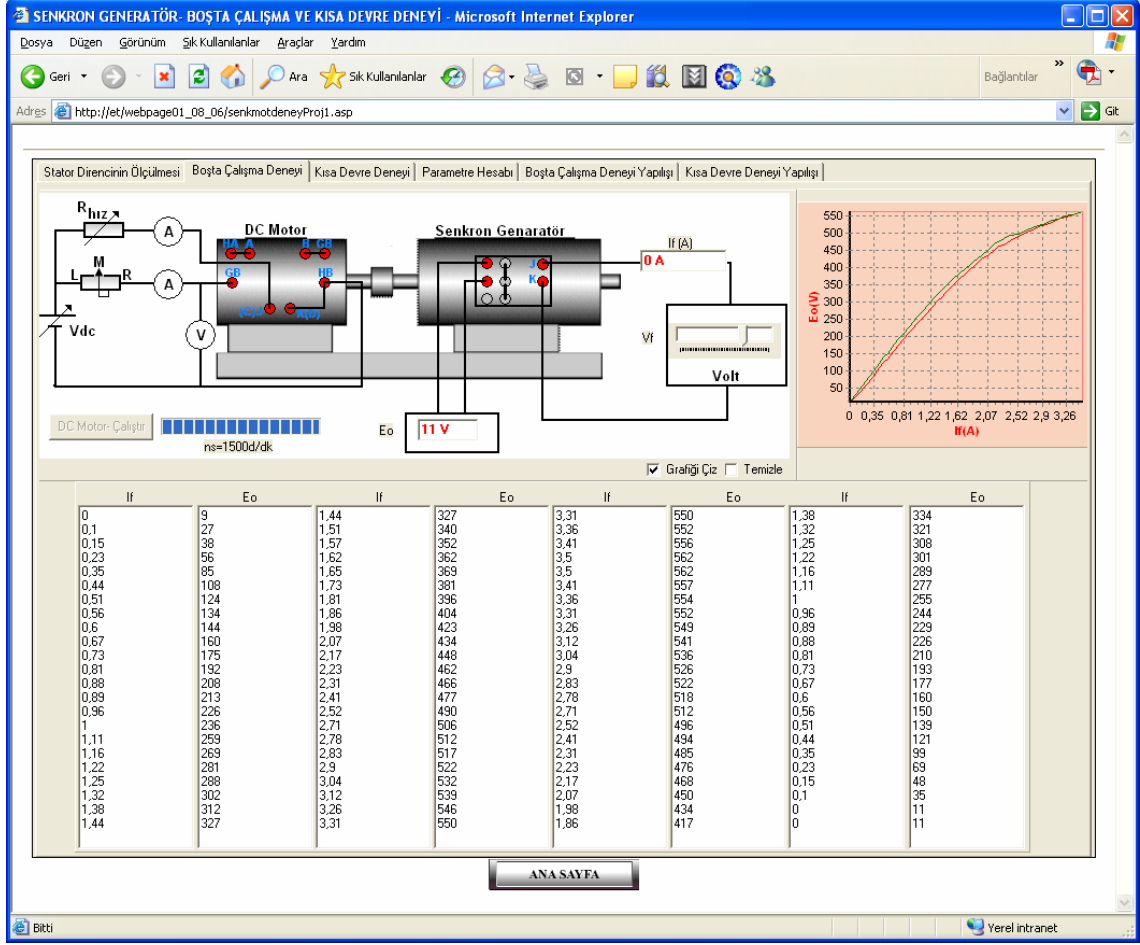
Senkron motora ait laboratuvar ortamında öğrencilere yaptırılan boşta çalışma ve kısa devre deneyi, deney ön hazırlık bilgileri ışığında benzetim olarak gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.28).



Şekil 4.28. Senkron genaratörün boşta çalışma ve kısa devre deneyinin yapıldığı uygulama sayfasının görünümü

Senkron genaratör stator direncinin ölçümü, V_{dc} (kaynak gerilimi) ifade eden *TrackBar* (iz veya kaydırma çubuğu) soldan sağa hareket ettirilerek akım ve gerilim değerleri ölçülerek yapılır. Burada V_{dc} sabit olarak ayarlanmıştır. Ancak direnç değeri önceden biliniyorsa, sabit değer kullanmak yerine R_s metin kutusuna farklı değerler girilerek uygulama için kullanılabilir.

Şekil 4.28'den *Boşta Çalışma Deneyi* bölümü seçildiğinde, Şekil 4.29'daki görüntü ekrana gelir. Bu pencerede deneyin bağlantı şeması, boşta çalışma deneyinin karakteristiğinin verildiği grafik ve uyarma akımlarına karşılık gelen çıkış gerilim değerleri görülmektedir.



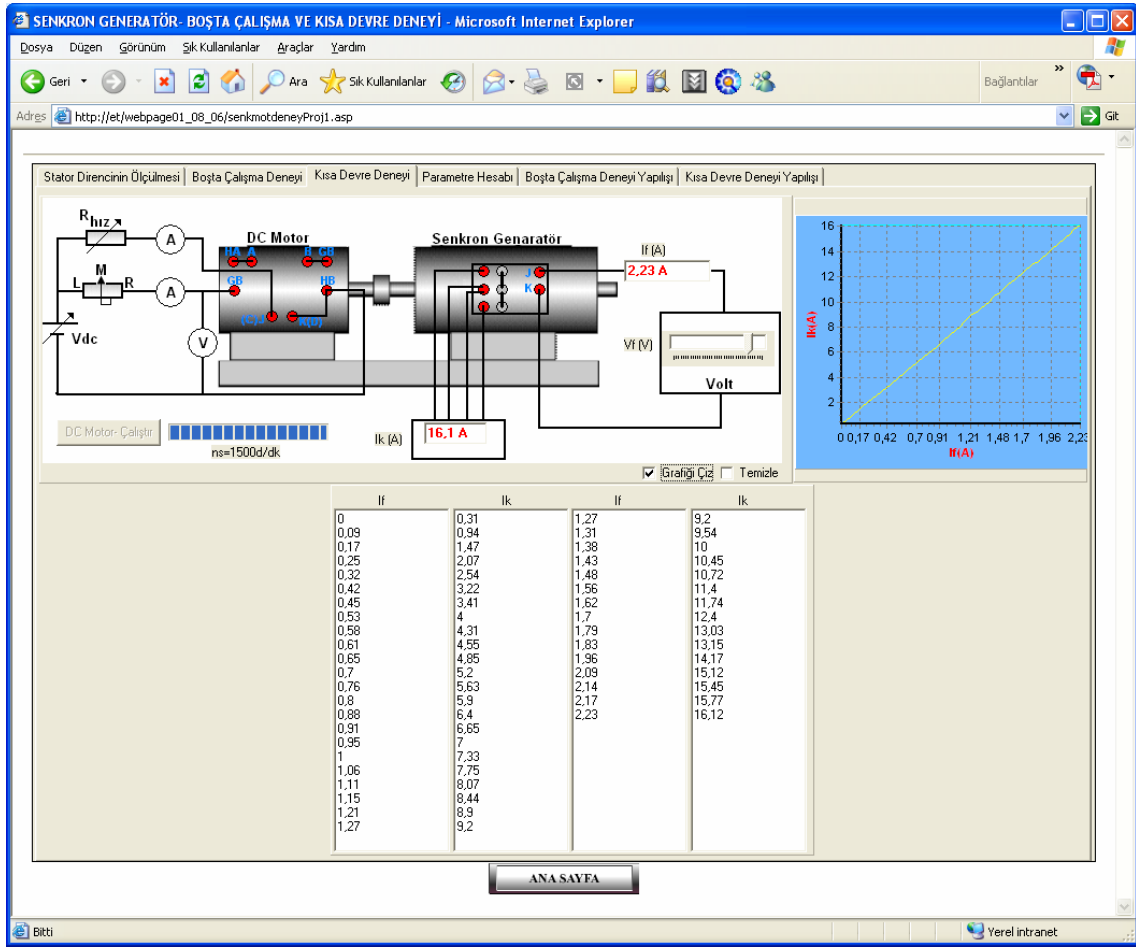
Şekil 4.29. Senkron genaratörün boşa çalışma deneyine ait pencerenin görünümü

Bilindiği gibi, Senkron makinanın boşa çalışma deneyi, mıknatıslanma eğrilerini çıkarmak ve eğriler yardımıyla gerekli uyarım (mıknatıslanma) akımını tespit etmek amacıyla yapılır. Boşa çalışma ve kısa devre deneyi yardımıyla senkron makinanın senkron empedansı bulunur. Devre bağlantı şemasında, doğru akım motoru ve senkron makinanın ortak bir mile bağlandığı görülmektedir. Ayrıca senkron makinanın uyarım gerilimini ayarlayacağımız ayarlı bir DC gerilim kaynağı senkron genaratörün rotor sargısına bağlıdır. Doğru akım motoru, senkron makina için gerekli mekanik enerjiyi sağlarken ayarlı DC gerilim kaynağı ise Senkron makinanın kutupları için gerekli mıknatıslanma (uyarım) akımını sağlamaktadır.

Boşa çalışma deneyinde, *DC Motor Çalıştır* butonuna tıklanarak doğru akım motoru çalıştırılır ve belirlenen devir seviyesine çıkarılır. Daha sonra uyarım gerilimi *TrackBar* yardımıyla önce sola, sonra sağa doğru hareket ettirilip gerilim kademeli olarak artırılır ve azaltılır. Bu işlem sonucunda boşa çalışma karakteristiği için gerekli değerler bulunur ve gözlem tablosuna kaydedilir. Elde edilen karakteristiğe ait grafiği çalışmanın herhangi bir anında görmek için Şekil 4.29'da verilen *Grafiği Çiz* kontrol kutusunu seçmek yeterlidir. Grafik

üzerinde büyütme, küçülme ve istenilen yönde taşıma işlemleri yapılabilir. Sistemi yeniden çalıştırmak için *Temizle* kontrol kutusu seçilmelidir.

Kısa devre deneyi, senkron devirde stator sargısını amperetreler yardımıyla kısa devre edilmesiyle yapılır. Şekil 4.30'da devrenin bağlantı şeması, kısa devre karakteristiğinin görüldüğü kısım ve uyarı akımlarına karşılık gelen kısa devre akım değerleri görülmektedir. Kısa devre deneyine uyarım akımı artırılarak başlanır. Uyarım akımındaki her artış için kısa devre akımı değerleri gözlem tablosuna otomatik olarak kaydedilir. Boşta çalışma deneyinde olduğu gibi *Grafiği Çiz* kontrol kutusu seçilerek kısa devre karakteristiği görülebilir.



Şekil 4.30. Senkron generatörün kısa devre deneyine ait pencerenin görünümü

Uygulama penceresinden *Parametre Hesabı* bölümü seçildiğinde ise Şekil 4.31'deki sayfa görüntüsü ekrana gelir.

SENKRON GENERATÖR- BOŞTA ÇALIŞMA VE KISA DEVRE DENEYİ - Microsoft Internet Explorer

Adres: http://et/webpage01_08_06/senkmotdeneyProj1.asp

Stator Direncinin Ölçülmesi | Boşta Çalışma Deneyi | Kısa Devre Deneyi | Parametre Hesabı | Boşta Çalışma Deneyi Yapılışı | Kısa Devre Deneyi Yapılışı

Eo_1= 121.5
Eo_2= 176
Eo_3= 231
Eo_4= 364

Ik_1= 4.55
Ik_2= 5.9
Ik_3= 7.33
Ik_4= 11.74

Zs_1= 26.7032967032967
Zs_2= 29.8305084745763
Zs_3= 31.5143246930423
Zs_4= 31.0051107325383

Hesapla

Zs=29.7633101508634
Rs=1.4724
Xs=29.7268678029908

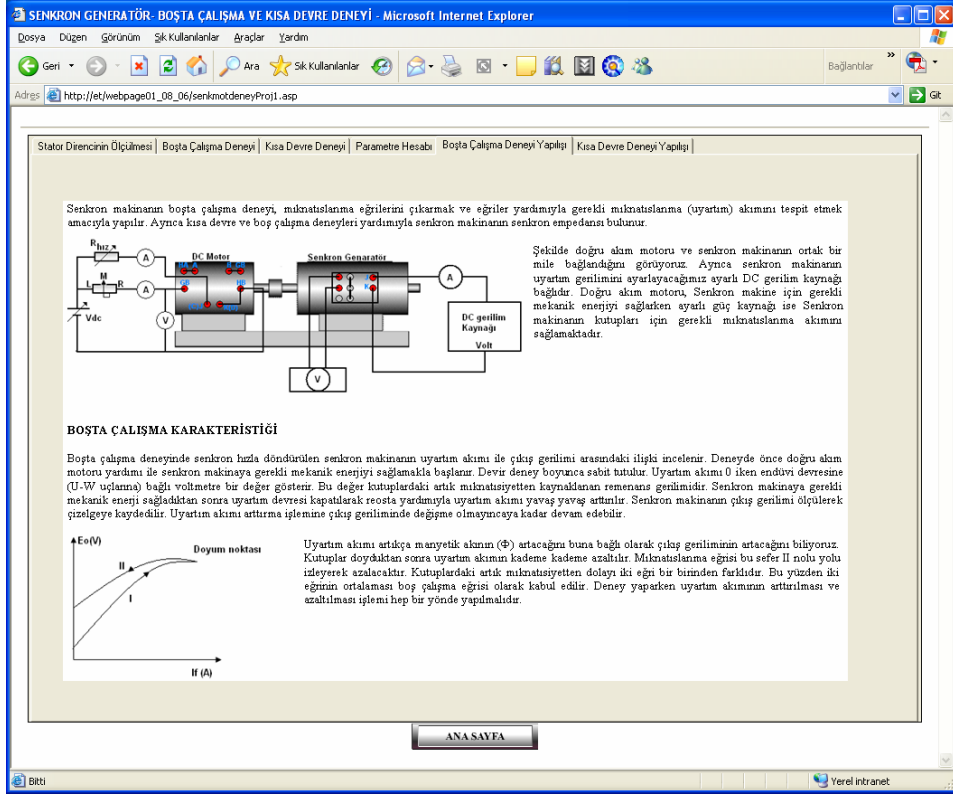
Zs=Eo / Ik
Zs=sqrt (Rs² + Xs²)

ANA SAYFA

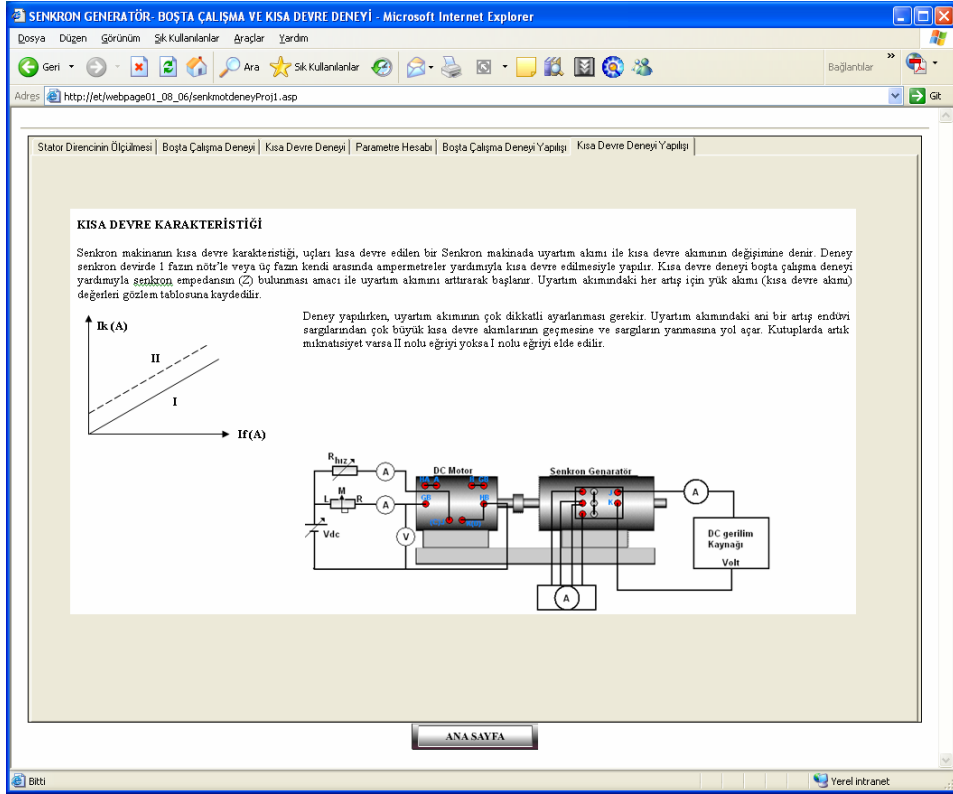
Şekil 4.31. Senkron makinanın boşta çalışma ve kısa devre deneyleri yardımıyla senkron empedansının hesaplandığı pencerenin görünümü

Boşta çalışma ve kısa devre deneyinden elde edilen karakteristiklerin lineer kısımlarında aynı uyarma akımına karşılık gelen çıkış gerilimlerini ve kısa devre gerilimlerine ait değerler metin kutularına aktarılmıştır. Burada yapılması gereken tek işlem *Hesapla* butonuna tıklayarak senkron empedansa ait değeri bulmaktır. Eğer istenirse metin kutularına farklı değerler girilerek yeni işlem sonuçları elde edilebilir.

Bu uygulama sayfasının son iki bölümünde deneylerin nasıl yapıldığına ilişkin temel bilgiler verilmiştir (Şekil 4.32, 4.33). Boşta çalışma ve kısa devre deneyi sanal uygulaması Teknik Eğitim Fakültesi Elektrik Öğretmenliği ve Elektrik Mühendisliği öğrencilerine uygulanmış bununla ilgili deneysel sonuçlar detaylı biçimde daha sonraki bölümde verilmiştir.



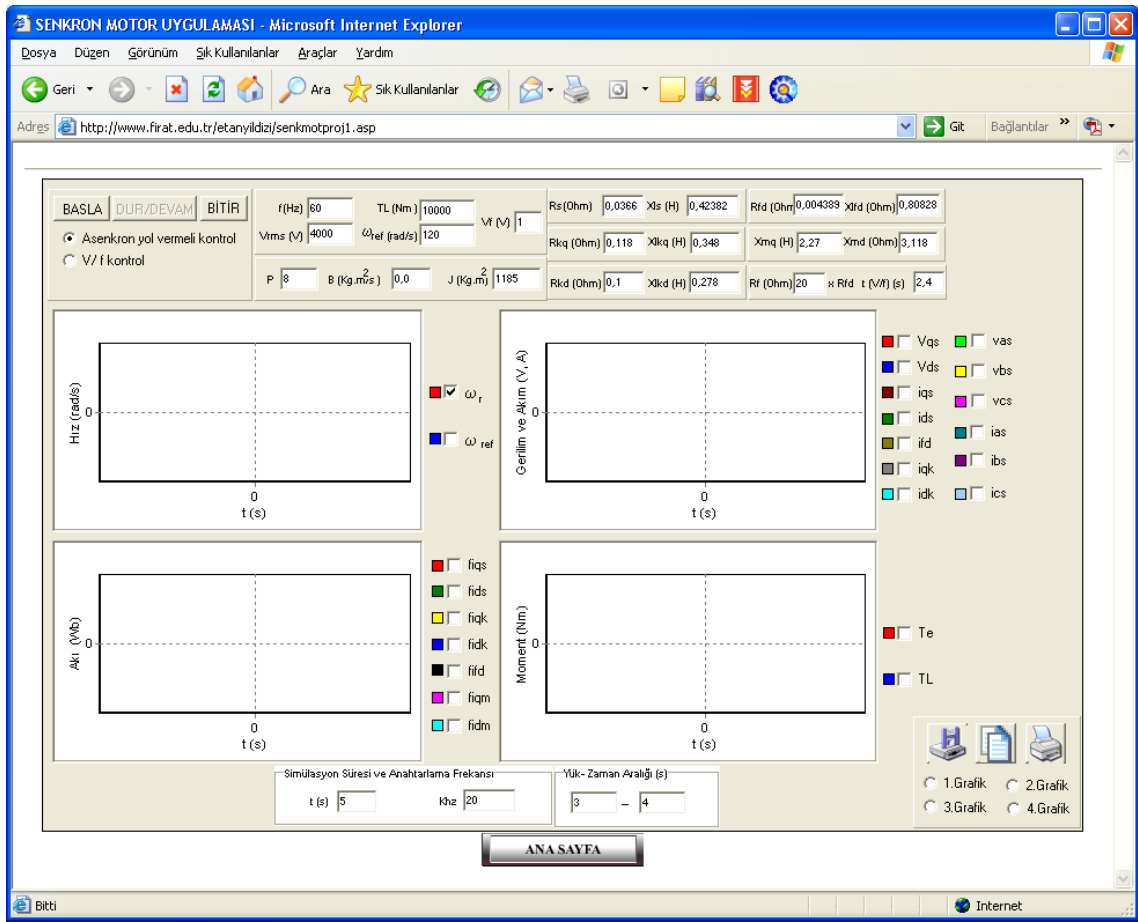
Şekil 4.32. Boşta Çalışma deneyi hakkında bilgi verilen pencerenin görünümü



Şekil 4.33. Kısa devre deneyi hakkında bilgi verilen pencerenin görünümü

4.2.4.2. Senkron Motor Sanal Uygulaması

Şekil 4.27'deki uygulama sayfasından *Senkron Motor Uygulaması* bağlantısı tıklandığında Şekil 4.34'te verilen senkron motorun sanal uygulamasına ait sayfa ekrana gelir. Senkron motor uygulaması için kullanılan model rotor referans düzlemine göre oluşturulmuştur. Senkron motorun üç fazlı, çıkık kutuplu, d-q eksenlerinde bir sönüm sargısı bulunan, sabit frekanslı sinüzoidal gerilimli bir şebekeden beslendiği kabul edilmiş, harmonikler, damper sargıları, girdap akımları ve doyum etkileri dikkate alınmamıştır. Bu uygulamada, senkron motorun asenkron yol vermeli ve V/f kontrolü incelenmiştir.



Şekil 4.34. Senkron Motor sanal uygulamasının genel yapısı

Senkron motor uygulamasında, motor referans değerlerinin girildiği ve uygulama tamamlandığında senkron motora ait grafiksel sonuçların verildiği pencereler bulunmaktadır. Ayrıca elde edilen grafiksel sonuçların daha sonra yeniden değerlendirilmesi için bunları kaydetme, kopyalama ve yazdırma gibi seçenekler vardır.

Senkron motor referans değerleri penceresinde, motora ait parametre değerleri, uyarma sargısına uygulanacak gerilim (V_f), yük (T_L), referans hız (ω_{ref}), giriş gerilimi (V_{rms}) ve frekansı (f), asenkron yol vermeli kontrolde uyarma sargı direncine ilave edilecek direnç (R_f) ve V/f kontrolde referans hız değerine ulaşacağı zaman ($t(V/f)$) değerleri girilmektedir (Şekil 4.35).

f (Hz) 60	T_L (Nm) 10000	V_f (V) 1	R_s (Ohm) 0,0366	X_s (H) 0,42382	R_{fd} (Ohm) 0,004389	X_{fd} (Ohm) 0,80828
V_{rms} (V) 4000	ω_{ref} (rad/s) 120		R_{kq} (Ohm) 0,118	X_{kq} (H) 0,348	X_{mq} (H) 2,27	X_{md} (Ohm) 3,118
P 8	B (Kg.m/s ²) 0,0	J (Kg.m ²) 1185	R_{kd} (Ohm) 0,1	X_{kd} (H) 0,278	R_f (Ohm) 20	$t(V/f)$ (s) 2,4

Şekil 4.35. Senkron motor sanal uygulamasına ait referans değerlerin verildiği bölümün görünümü

Motor parametreleri girildikten sonra uygulaması yapılacak kontrol yöntemi belirlenir ve simülasyon çalıştırılır (Şekil 4.36). Simülasyon, *BASLA* butonuna tıklanarak çalıştırılır. Çalışma sırasında istenildiği anda uygulama durdurulabilir (*DUR/DEVAM*) veya bitirilebilir (*BİTİR*).

<i>BASLA</i>	<i>DUR/DEVAM</i>	<i>BİTİR</i>
☒ Asenkron yol vermeli kontrol ☐ V/f kontrol		

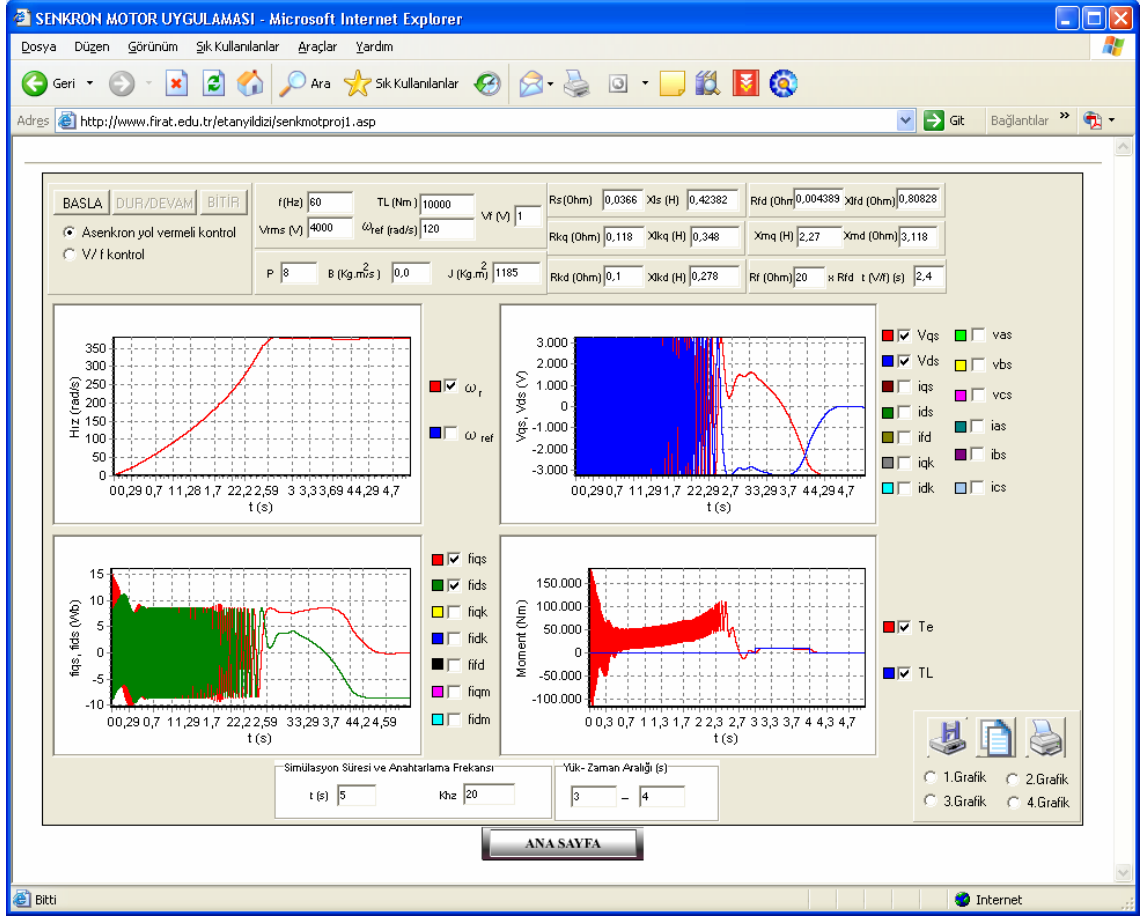
Şekil 4.36. Senkron motor sanal uygulamasına ait kontrol ve benzetimi başlatma bölümünün görünümü

Sanal uygulama için yapılacak diğer bir işlemde, simülasyon süresini (t) ve anahtarlama frekansını (Khz) girmektedir. Ayrıca bu pencerede bulunan yük zaman aralığı sayesinde yükün uygulanacağı zaman aralığı belirlenebilir (Şekil 4.37).

Simülasyon Süresi ve Anahtarlama Frekansı		Yük- Zaman Aralığı (s)
t (s) 5	Khz 20	3 - 4

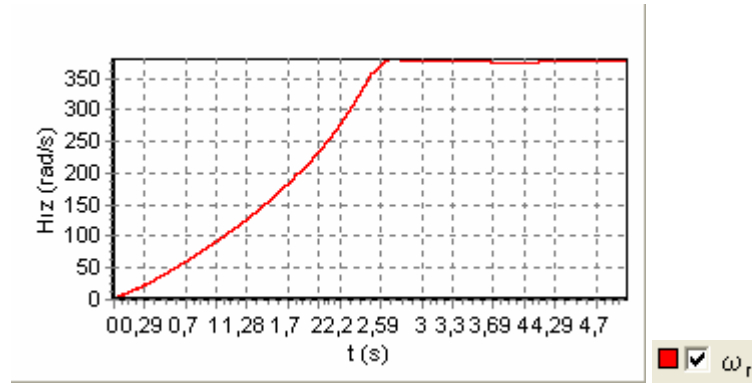
Şekil 4.37. Senkron motor sanal uygulamasına ait simülasyon süresi, anahtarlama frekansı ve yükün uygulanacağı zaman aralığının belirlendiği bölümün görünümü

Yukarıda bahsedilen tüm parametreler rahatlıkla değiştirilebilir ve farklı senkron motor değerleri için uygulanabilir. Senkron motora ait sanal uygulama verilen parametrelere göre asenkron yol vermeli olarak çalıştırıldığında uygulamanın genel görünümü Şekil 4.38'de verilmiştir.

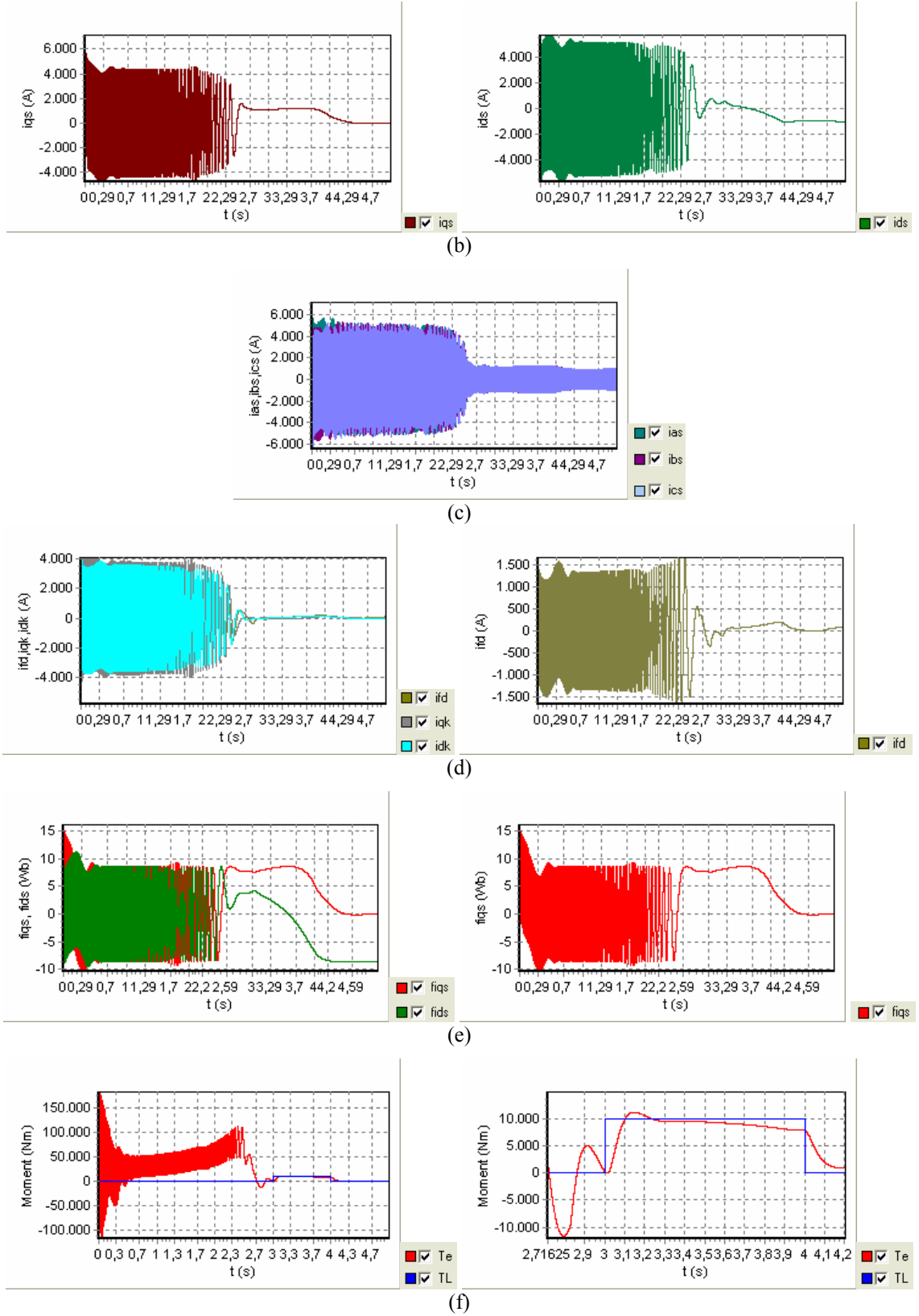


Şekil 4.38. Senkron motorun asenkron yol vermeli olarak çalıştırılmasına ait benzetim sonuçlarının görünümü

Grafiklerin sağında bulunan seçim kutularıyla istenilen çıkış grafiği sanal uygulama pencerelerinde görüntülenir. Örneğin senkron motorun hızına ait grafik ekranda görüntülenmek istenirse seçim kutusu aktif yapılır. Sanal uygulama, asenkron yol verme için yukarıda verilen parametrelere göre 5s çalıştırıldıktan sonra elde edilen gerilim, akım, moment ve akılara ait çıkış grafikleri Şekil 4.39'da verilmiştir.

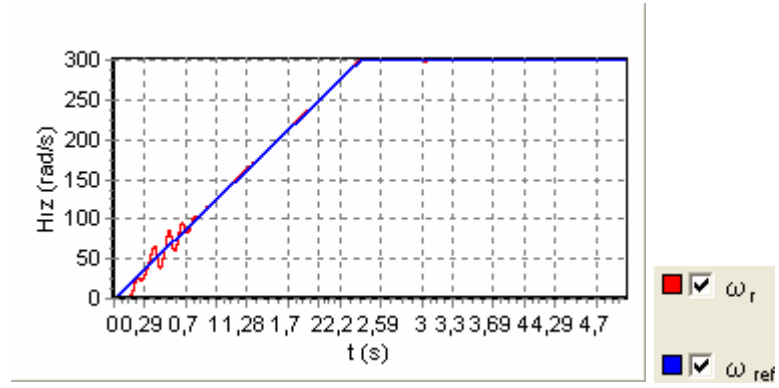


(a)

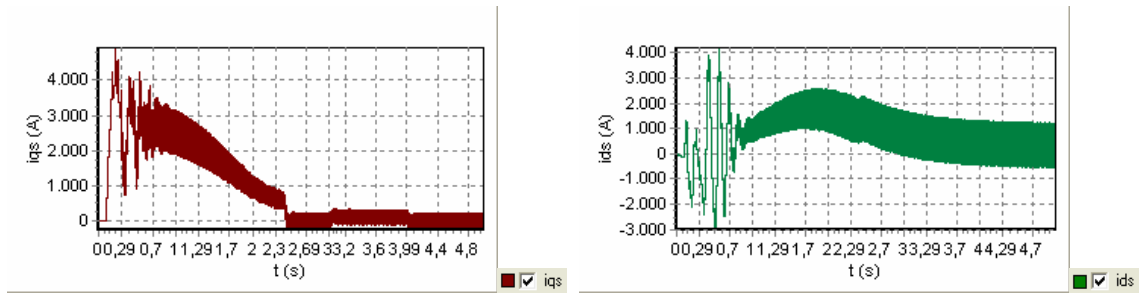


Şekil 4.39. $T_L=10.000$ Nm, Yük-Zaman Aralığı = 3-4 s, Simülasyon süresi=5 s değerleri için senkron motor uygulaması asenkron yol vermeli olarak çalıştırıldıktan sonra elde edilen grafiksel sonuçlar, a) Hız, b) d-q akımları, c) Stator faz akımları, d) d-q eksenî sönüm sargısı akımları ve uyarma sargısı akımı e) d-q akımları, f) Moment

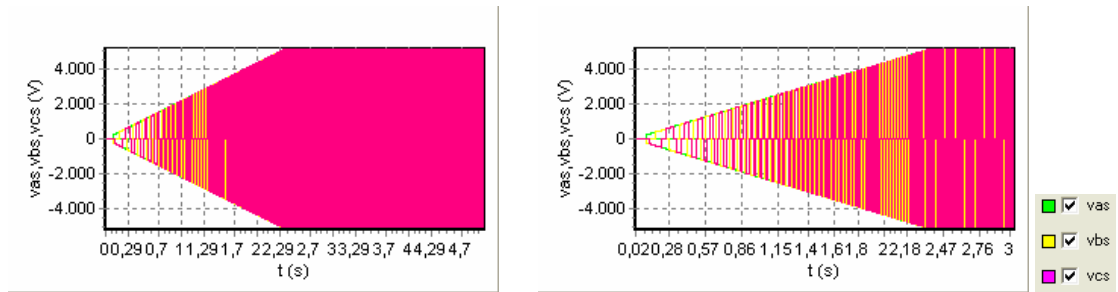
Sanal uygulama, V/f kontrol için yukarıda verilen parametrelere göre 5 s çalıştırıldıktan sonra elde edilen gerilim, akım, moment ve akılara ait çıkış grafikleri Şekil 4.40'ta verilmiştir.



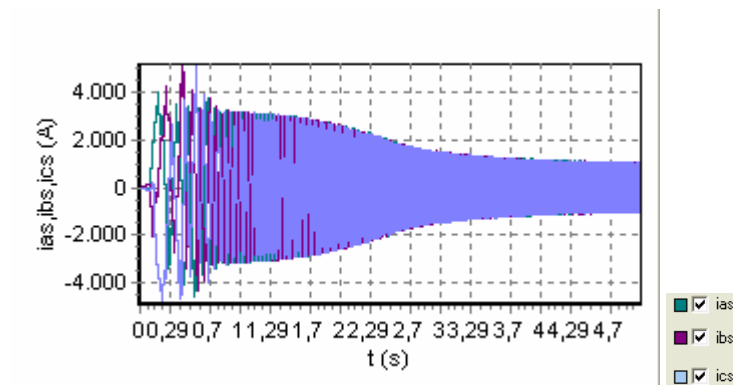
(a)



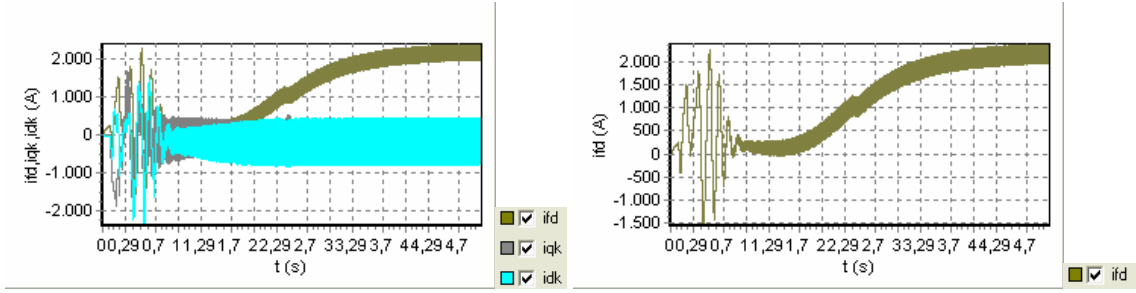
(b)



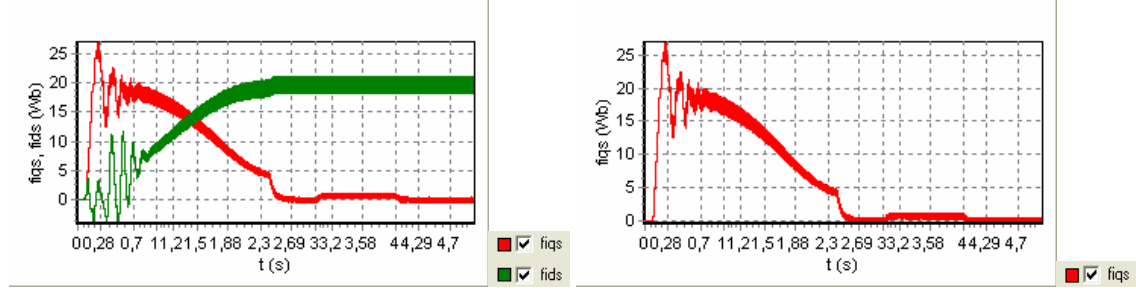
(c)



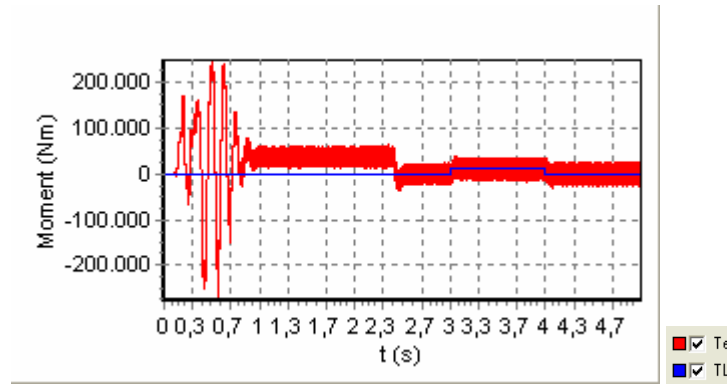
(d)



(e)



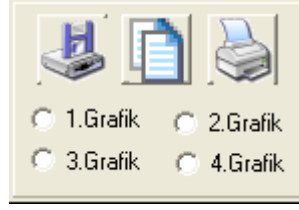
(f)



(g)

Şekil 4.40. $\omega_{ref}=300$ rad/s, $T_L=10.000$ Nm, Yük-Zaman Aralığı = 3-4 s, Simülasyon süresi=5 s değerleri için senkron motor uygulaması V/f kontrol olarak çalıştırıldıktan sonra elde edilen grafiksel sonuçlar, a) Hız, b) d-q akımları, c) Stator faz gerilimleri, d) Stator faz akımları, e) d-q eksenli sönüm sargısı akımları ve uyarma sargısı akımı f) d-q akımları, g) Moment

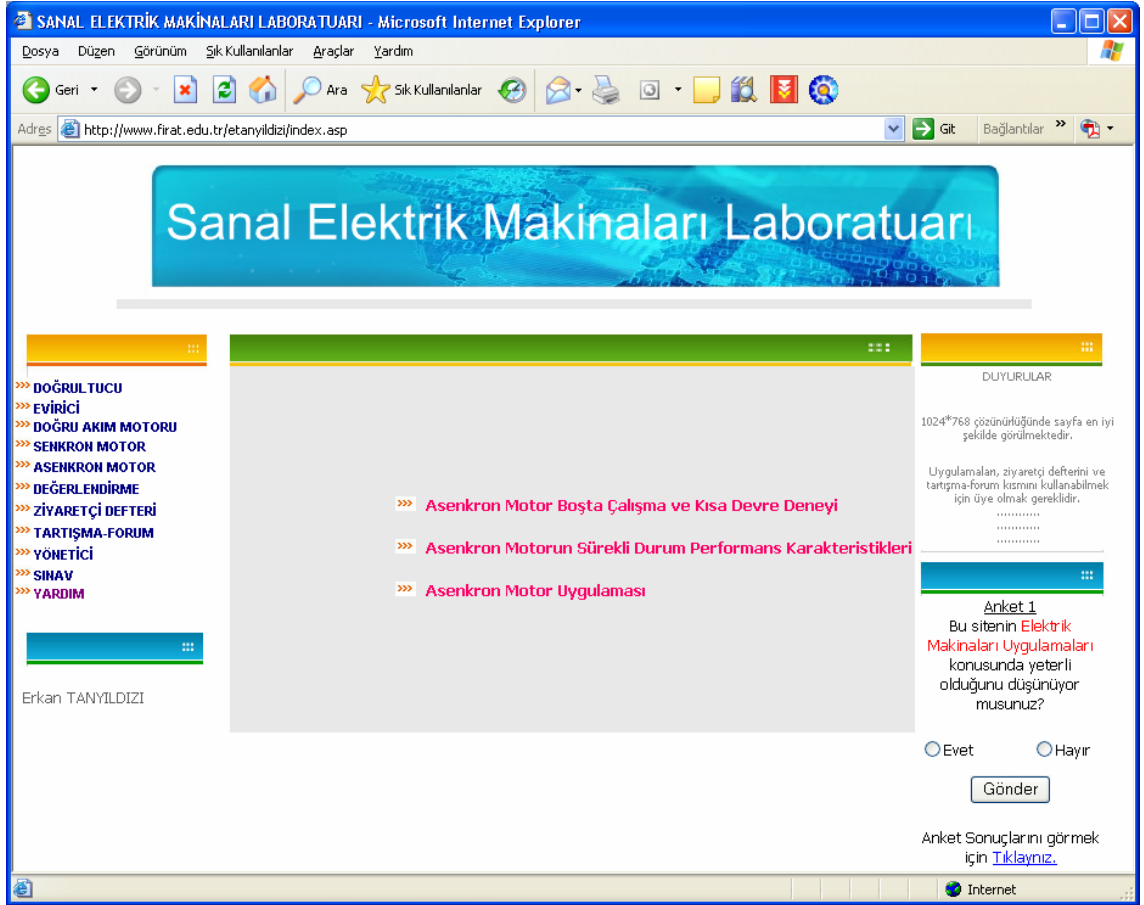
Uygulama içerisinde bulunan diğer bir bölüm ise, benzetimin çalıştırılması sonucu ortaya çıkan grafikleri kaydetme, kopyalama veya yazıcıya gönderme işleminin yapıldığı kısımdır (Şekil 4.41). Böylece öğrenciler, farklı uygulamalar yapıp bu sonuçları daha sonra kullanabilirler. Öğrenciler, elde ettikleri grafik sonuçları sayesinde yapılan deneyin analizini en iyi şekilde değerlendirir ve sonuçları tartışılabilirler. Bunun sonucunda, öğrenci başarısını ölçebilir, yetersiz kaldığı konuları tekrar geriye dönüp bilgisini destekleyebilir.



Şekil 4.41. Benzetim sonuçlarını kaydetme, kopyalama ve yazdırma penceresi görünümü

4.2.5. Sanal Laboratuar İçin Asenkron Makina Uygulaması

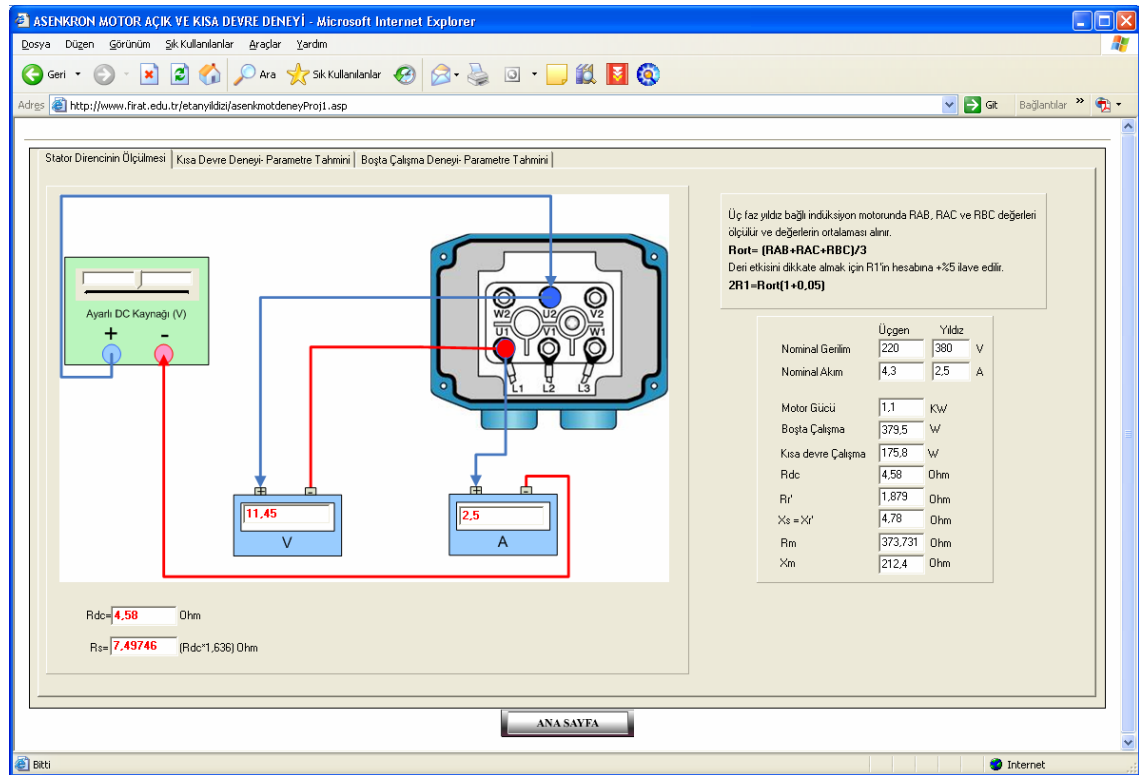
Asenkron Motor sanal uygulama sayfasında, *Asenkron Motor Boşta Çalışma ve Kısa Devre Deneyi*, *Asenkron Motorun Sürekli Durum Performans Karakteristikleri* ve *Asenkron Motor Uygulaması* şeklinde üç sanal uygulama bulunmaktadır (Şekil 4.42). Bu uygulamalara ait özellikler sırasıyla aşağıda verilmiştir.



Şekil 4.42. Sanal Elektrik Makinaları Laboratuvarı için Asenkron Motor Uygulaması sayfasının görünümü

4.2.5.1. Asenkron Motor Boşta Çalışma ve Kısa Devre Deneyi Sanal Uygulaması

Bu uygulamada, Asenkron motorun boşta çalışma ve kısa devre deneyi yapılarak eşdeğer devre parametreleri belirlenmektedir (Şekil 4.43). Uygulama için asenkron motorun tek faz eşdeğer devre şeması kullanılmıştır. Boşta çalışma ve kısa devre deneylerine ait açıklayıcı bilgiler verilerek hesaplamaların nasıl yapıldığı uygulama penceresinde verilmiştir. Şekil 4.43'te verilen uygulama sayfasında, asenkron motorun stator direncinin ölçülmesi, kısa devre deneyi ve boşta çalışma deneyine ait seçenekler bulunmaktadır. Deney ile ilgili açıklamalar uygulamaların yanında yer almaktadır.

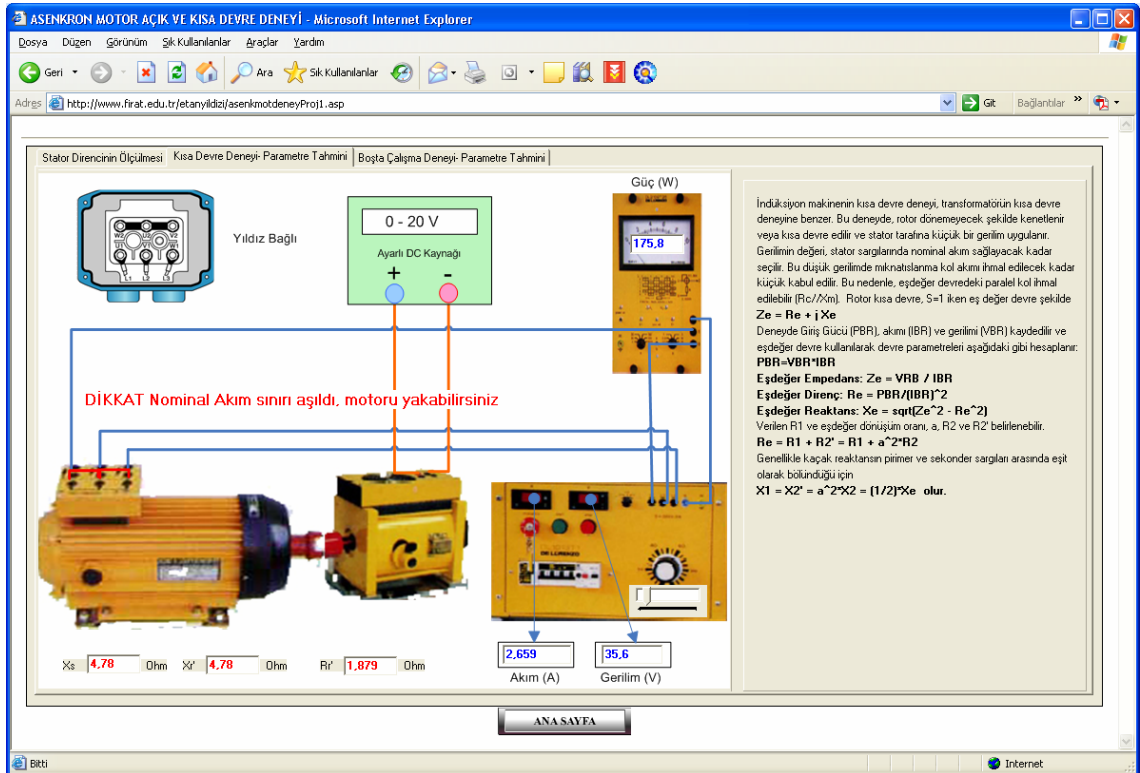


Şekil 4.43. Asenkron motorun boşta çalışma ve kısa devre deneyinin yapıldığı uygulama sayfasındaki stator direncinin ölçülmesine ait görünüm

Stator direncinin ölçülmesi *Ayarlı DC Kaynağı (V)* ile belirtilen bölümdeki *TrackBar* soldan sağa nominal akım değeri okununcaya kadar hareket ettirilir. Nominal akım değerine ulaşıldıktan sonraki ölçülen faza ait gerilim değeri ve stator direnç değeri ekranda görüntülenir.

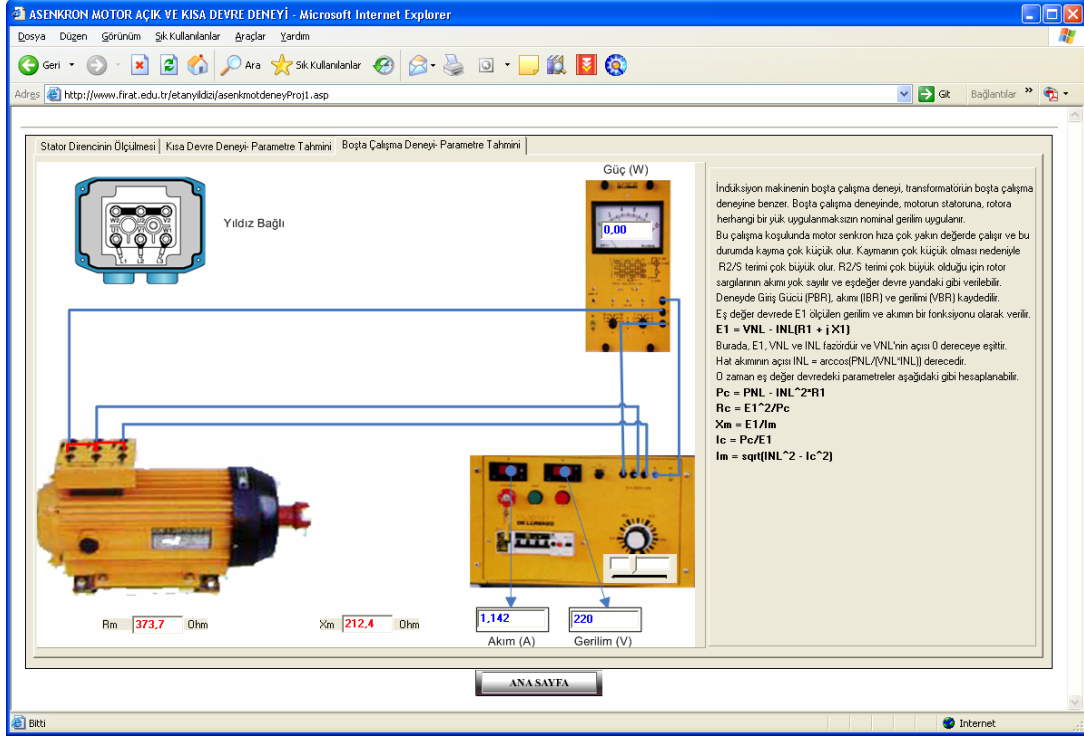
Kısa devre deneyinin yapıldığı bölümde ise devre bağlantı şeması ve öğrencinin deney sırasında kullanacağı araçlar şekil üzerinde gösterilmiştir. Bu sayede öğrenci deneyden önce bağlantı şemasını ve gerekli araçları görerek gerçek ortamda bunları çok kolay yapabilir. (Şekil 4.44). Kısa devre deneyinde rotorun dönmesine engel olunarak statora sıfırdan başlanarak kademe kademe arttırılan bir gerilim uygulanır. Bu gerilim sayfada bulunan üç fazlı ayarlara

bilir çıkışı temsil eden *TrackBar* ile sağlanmaktadır. Motorun çektiği akım, nominal akım değerinin 1.2 katına ulaşınca kadar motora uygulanan gerilimin arttırılmasına devam edilir. Motorun çektiği akım nominal akımın üstüne çıktığında, motor sargılarında meydana gelen aşırı ısınmalar yüzünden ölçü aletlerindeki değeri daha çabuk bitirmek gerekir. Bunun için sayfada deneyi yapan kullanıcı için uyarı yapılmaktadır. Bu sayede gerçek ortamda deneyi yaparken nelere dikkat etmesi gerektiğini öğrenebilecektir. Deney sonunda kaçak reaktanslar ve rotor direnci hesaplanmış olarak yine aynı pencerede verilmektedir.



Şekil 4.44. Asenkron motorun kısa devre deneyinin yapıldığı uygulama penceresinin görünümü

Boşta çalışma deneyi bölümümde ise bir önceki kısa devre deneyinden farklı olarak yük kaldırılmıştır. Bu kısımda yine deneyin şematik gösterimi ve kullanılan araçlar verilmiştir. (Şekil 4.45). Boşta çalışma deneyinde yine gerilim sayfada bulunan üç fazlı ayarlana bilir çıkışı temsil eden *TrackBar* ile sıfırdan başlanarak kademe kademe arttırılır. Motora uygulanan gerilim nominal gerilim değerinin 1.5 katına ulaşınca kadar arttırılmasına devam edilir. Uygulama sonunda hesaplanan parametreler (mıknatıslanma reaktansı ve çekirdek direnci) ekranda gösterilmektedir.

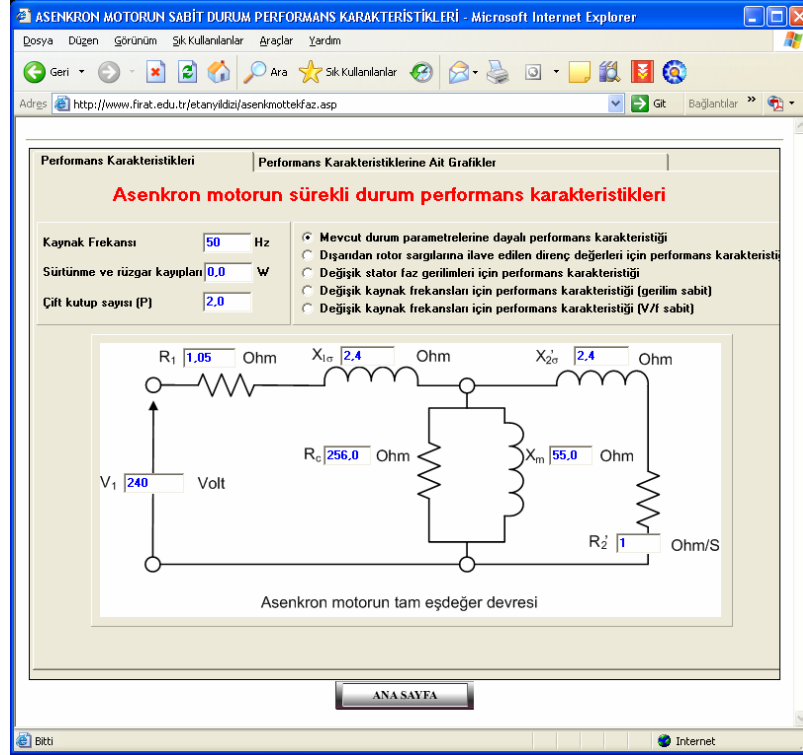


Şekil 4.45. Asenkron motorun boşta çalışma deneyinin yapıldığı uygulama penceresinin görünümü

4.2.5.2. Asenkron Motorun Sürekli Durum Performans Karakteristikleri

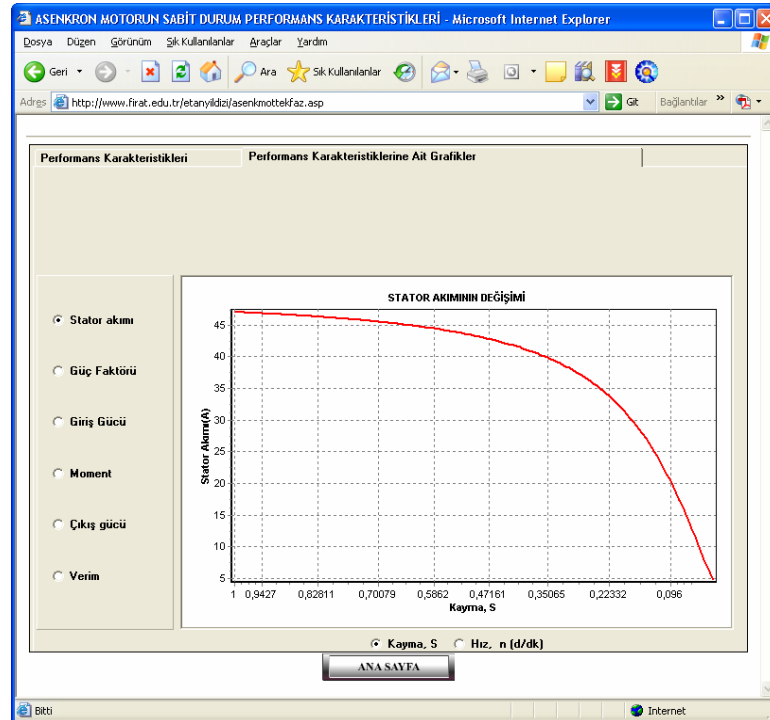
Asenkron motorun sürekli durum performans karakteristiklerine ait sanal uygulama sayfasında, Asenkron motorun tam eşdeğer devre modelinden yararlanarak performans karakteristikleri incelenmiştir [67] (Şekil 4.46). Bu sayede asenkron motorun yapısı ve özellikleri en iyi şekilde öğrenciler tarafından anlaşılacaktır. Uygulamada, gerilim (V_1), stator ve rotora ait direnç (R_1 , R_2') ve kaçak reaktanslar ($X_{1\sigma}$, $X_{2'\sigma}$), mıknatıslanma reaktansı (X_m) ve çekirdek direnci (R_c), kaynak frekansı, sürtünme ve rüzgar kayıpları, eş değer dönüşüm oranı ve kutup sayısına ait büyüklükler dışarıdan girilebilir. Değerler girildikten sonra bu eşdeğer devreye göre asenkron motorun, stator akımı, güç faktörü, giriş ve çıkış gücü, verim ve moment grafiklerine ait karakteristikler çizdirilmiştir. Performans karakteristikleri beş grup altında ele alınmıştır;

- Mevcut durum parametrelerine dayalı performans karakteristiği
- Dışarıdan rotor sargılarına ilave edilen direnç değerleri için performans karakteristiği
- Değişik stator faz gerilimleri için performans karakteristiği
- Değişik kaynak frekansları için performans karakteristiği (V sabit)
- Değişik kaynak frekansları için performans karakteristiği (V/f sabit)



Şekil 4.46. Asenkron motorun sürekli durum performans karakteristiklerine ait pencerenin görünümü

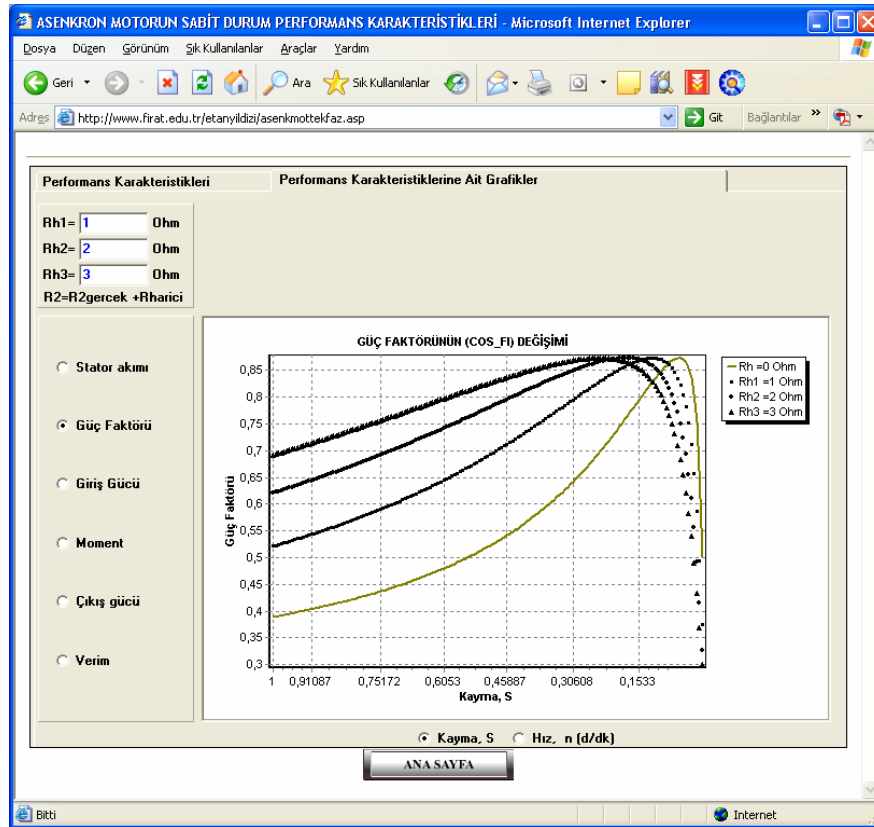
Sanal uygulama üzerinde *Mevcut durum parametrelerine dayalı performans karakteristiği* seçilip grafik sekmesine geçildiğinde Şekil 4.47’deki görüntü ekrana gelir.



Şekil 4.47. Mevcut durum parametrelerine dayalı stator akımı–kayma karakteristiği

Bu pencerede verilen stator akımı, güç faktörü, giriş gücü, moment, çıkış gücü ve verime ait kontrol kutularından biri seçilerek değişimler kaymaya veya hıza göre görülebilir. Şekil 4.47’de verilen görüntü kaymaya bağlı olarak stator akımının değişimine aittir.

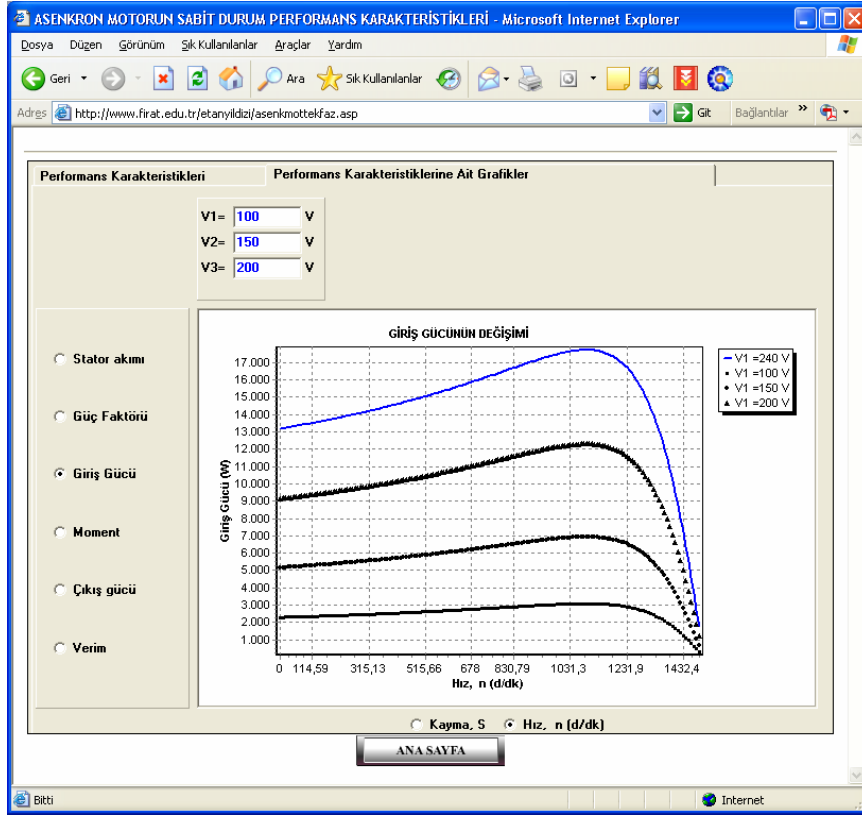
Sanal uygulama üzerinde *Dışarıdan rotor sargılarına ilave edilen direnç değerleri için performans karakteristiği* seçilip grafik sekmesine geçildiğinde Şekil 4.48’deki görüntü ekrana gelir. Buradaki uygulama rotora ilave edilen $R_{h1}=1$ Ohm, $R_{h2}=2$ Ohm ve $R_{h3}=3$ Ohm harici dirençleri ile mevcut durumun karşılaştırılması için yapılmıştır.



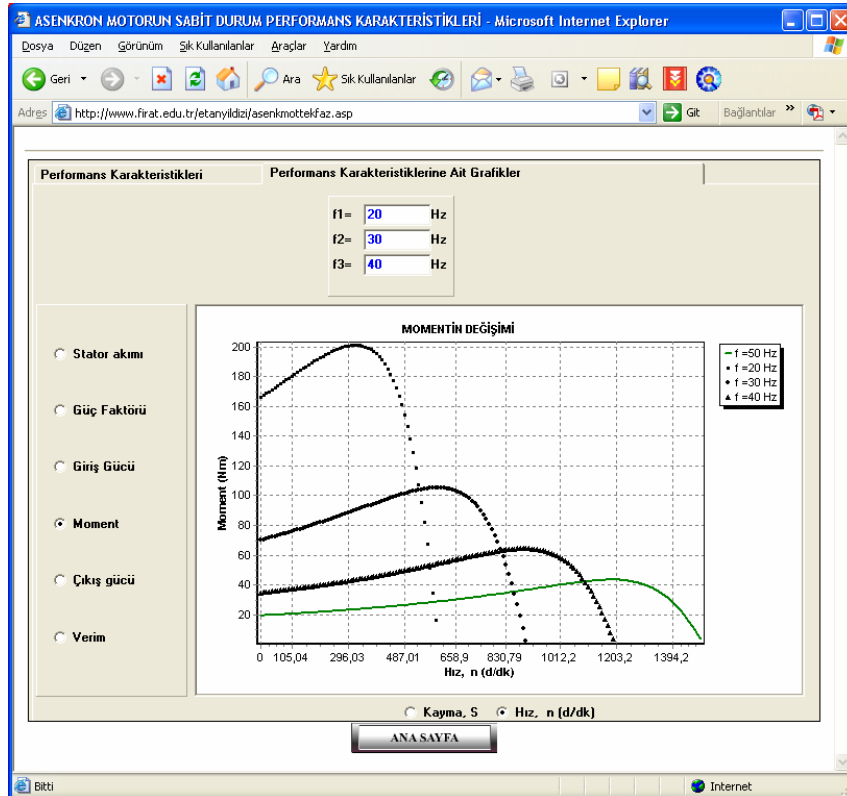
Şekil 4.48. Dışarıdan rotor sargılarına ilave edilen direnç değerleri için güç faktörü –kayma karakteristiği

Şekil 4.48’de verilen görüntü hıza bağlı güç faktörünün değişimlerine aittir. Rotor sargılarına dışarıdan ilave edilen direnç değerleri istenildiği gibi değiştirilebilir.

Sanal uygulama üzerinde *Değişik stator faz gerilimleri için performans karakteristiği* seçilip grafik sekmesine geçildiğinde Şekil 4.49’daki görüntü ekrana gelir. Buradaki uygulama farklı stator faz gerilimleri ($V_1=100$ Volt, $V_2=150$ Volt ve $V_3=200$ Volt) ile mevcut durumun karşılaştırılması için yapılmıştır. Şekil 4.49’da verilen görüntü kaymaya bağlı giriş gücünün değişimlerine aittir. Sanal uygulama üzerinde Değişik kaynak frekansları için performans karakteristiği (V sabit) seçilip grafik sekmesine geçildiğinde Şekil 4.50’deki görüntü ekrana gelir.



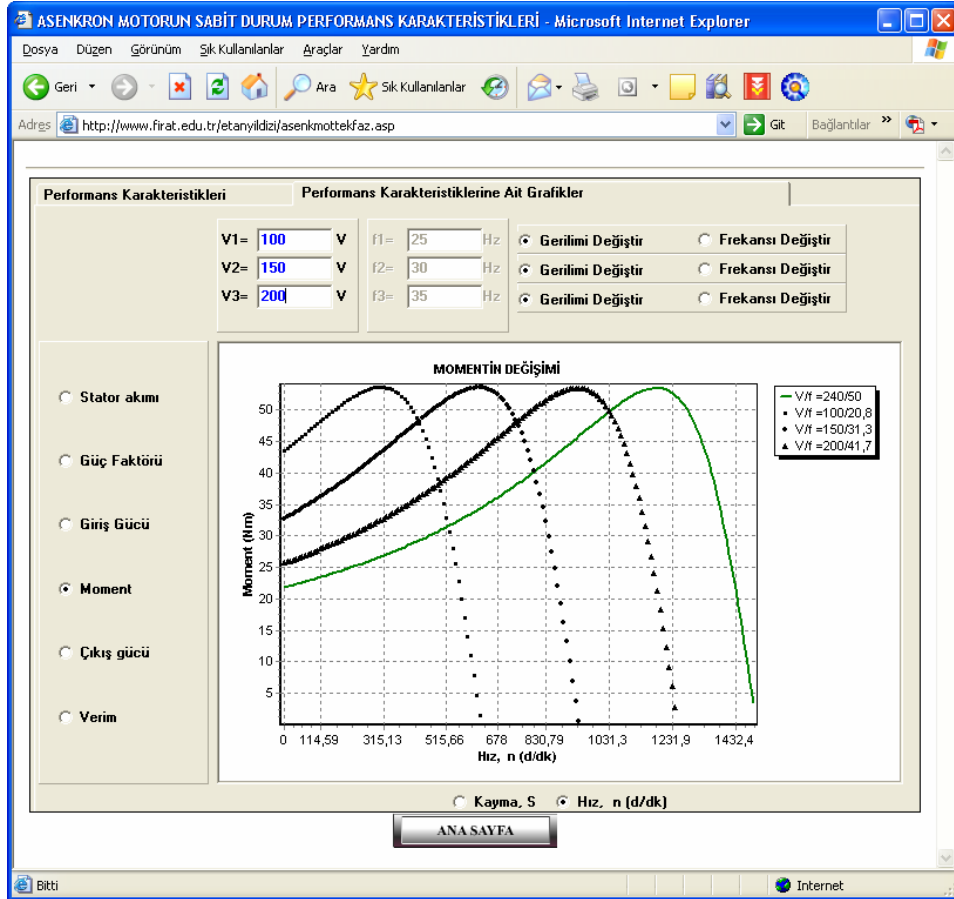
Şekil 4.49. Değişik stator faz gerilimleri için giriş gücü-kayma karakteristiği



Şekil 4.50. Değişik kaynak frekansları için moment-kayma karakteristiği (V sabit)

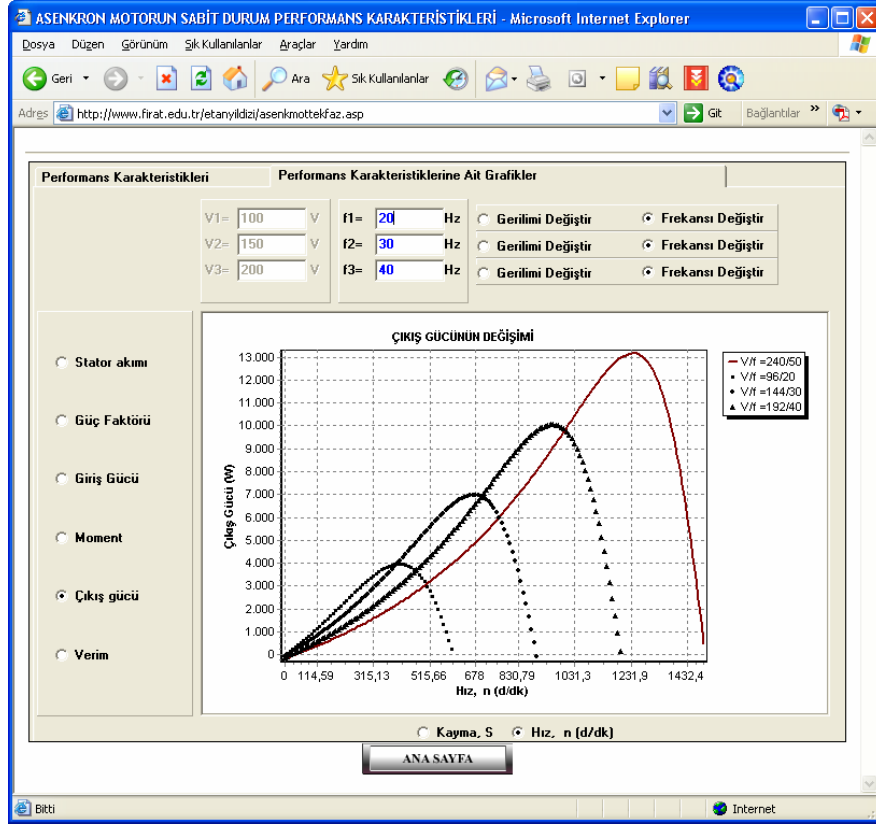
Buradaki uygulama değişik kaynak frekansları ($f_1=20$ Hz, $f_2=30$ Hz ve $f_3=40$ Hz) ile mevcut durumun karşılaştırılması için yapılmıştır. Şekil 4.50’de verilen görüntü kaymaya bağlı momentin değişimine aittir.

Sanal uygulama üzerinde Değişik kaynak frekansları için performans karakteristiği (V/f sabit) seçilip grafik sekmesine geçildiğinde Şekil 4.51’deki görüntü ekrana gelir.

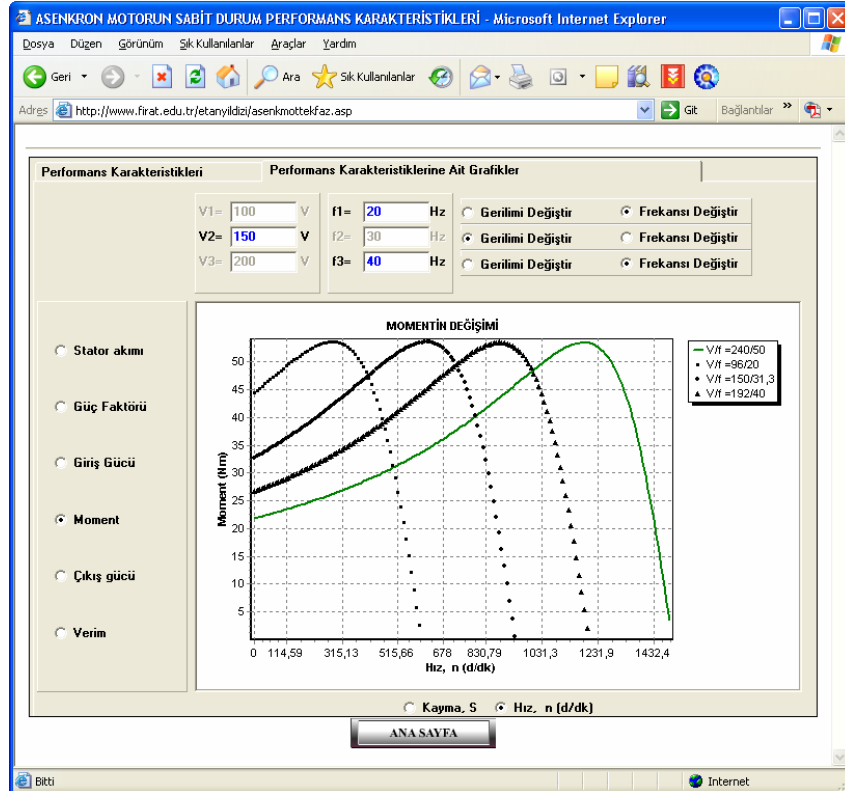


Şekil 4.51. Değişik kaynak gerilimleri için moment-kayma karakteristiği (V/f sabit)

Buradaki son uygulama farklı stator faz gerilimleri veya farklı kaynak frekansları ile mevcut durumun V/f oranlarının karşılaştırılması için yapılmıştır. Girilen faz gerilimine bağlı olarak frekans, frekansa bağlı olarak faz gerilimi mevcut duruma ait gerilim/frekans oranına bağlı olarak hesaplanmış ve grafikler ona göre çizdirilmiştir. Şekil 4.51’de verilen görüntü kaymaya bağlı farklı giriş gerilimleri ile mevcut duruma ait giriş gerilimi için momentin değişimidir. Şekil 4.52’ de ise farklı kaynak frekansları ile mevcut duruma ait frekans için çıkış gücünün kaymaya göre değişimi verilmiştir. Şekil 4.53’ te ise hem farklı kaynak frekansına göre hem de stator faz gerilimine göre momentin değişimi gösterilmektedir.



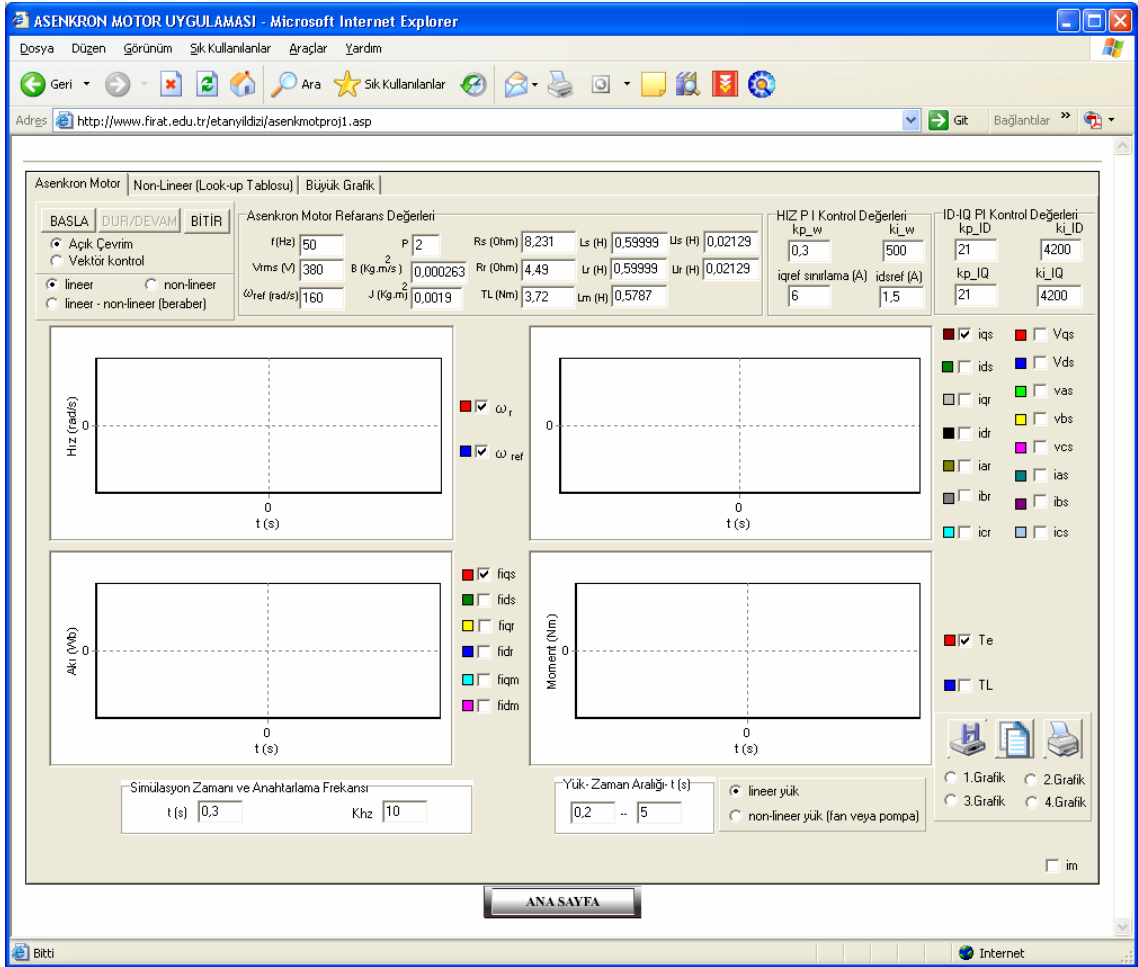
Şekil 4.52. Değişik kaynak frekansları için çıkış gücü- kayma karakteristiği (V/f sabit)



Şekil 4.53. Değişik kaynak gerilimi ve frekansları için moment-kayma karakteristiği (V/f sabit)

4.2.5.3. Asenkron Motor Sanal Uygulaması

Asenkron motor sanal uygulamasında, Asenkron motorun açık çevrim ve dolaylı vektör denetimli hız denetimi yapılmıştır. Hazırlanan uygulamada hız denetleyici olarak, sabit parametrelili oransal+integral (PI) denetleyici kullanılmıştır. Ayrıca oluşturulan makina modellerinde genelde ihmal edilen manyetik doyum etkisi, bölüm 3.3.1’de verilen matematiksel modellemeye göre sanal uygulama içerisine ilave edilmiştir (Şekil 4.54).



Şekil 4.54. Asenkron Motor sanal uygulamasının genel yapısı

Asenkron motor uygulamasında, motor referans ve PI kontrol değerlerinin girildiği ve uygulama tamamlandığında asenkron motora ait grafiksel sonuçların verildiği pencereler bulunmaktadır. Ayrıca elde edilen grafiksel sonuçların değerlendirilmesi için bunları kaydetme, kopyalama ve yazdırma gibi seçenekler bulunmaktadır.

Asenkron motor referans değerleri penceresinde, motoru tanımlayan büyüklükler ve motora uygulanacak yük (T_L), referans hız (ω_{ref}), giriş gerilimi (V_{rms}) ve frekansı (f) girilmektedir (Şekil 4.55).

Asenkron Motor Referans Değerleri					
f (Hz)	50	P	2	R_s (Ohm)	8,231
V_{rms} (V)	380	B (Kg.m/s ²)	0,000263	L_s (H)	0,59999
ω_{ref} (rad/s)	160	J (Kg.m ²)	0,0019	R_r (Ohm)	4,49
		T_L (Nm)	3,72	L_r (H)	0,59999
				L_m (H)	0,5787

Şekil 4.55. Asenkron Motor referans değerlerinin girildiği pencerenin görünümü

PI kontrol değerlerinin verildiği pencerede, hız denetleyici ve akım kontrolü için k_p ve k_i değerleri girilmektedir. Girilen yeni değerlerin etkisini görmek için programı tekrar çalıştırmak gerekir (Şekil 4.56).

HIZ PI Kontrol Değerleri		ID-IQ PI Kontrol Değerleri	
k_{p_w}	0,3	k_{p_ID}	21
k_{i_w}	500	k_{i_ID}	4200
i_{qref} sınırlama (A)	6	k_{p_IQ}	21
i_{dsref} (A)	1,5	k_{i_IQ}	4200

Şekil 4.56. Asenkron Motor PI kontrol değerlerinin girildiği pencerenin görünümü

Motor parametreleri belirledikten sonra uygulaması yapılacak motorun açık çevrim veya vektör kontrol seçeneklerinden biri belirlenir. Yapılacak bir sonraki adım ise manyetik doyum etkisinin ilave edilerek veya ihmal edilerek çalışmasını sağlayan *non-lineer* veya *lineer* butonunu seçmektir. Her iki durumun aynı anda sonuçları görüntülenmek isteniyorsa *lineer-non-lineer (beraber)* butonu seçilmelidir. Uygulama, **BASLA** butonuna tıklanarak çalıştırılır. Çalışma sırasında istenildiği anda uygulama durdurulabilir (*DUR/DEVAM*) veya bitirilebilir (*BİTİR*) (Şekil 4.57).

BASLA	DUR/DEVAM	BİTİR
☒ Açık Çevrim ☐ Vektör kontrol		
☐ lineer ☐ non-lineer ☒ lineer - non-lineer (beraber)		

Şekil 4.57. Asenkron motor sanal uygulamasına ait kontrol ve benzetimi başlatma bölümünün görünümü

Sanal uygulama için yapılacak diğer bir işlemde, simülasyon süresini (t) ve anahtarlama frekansını (Khz) belirlemektir. Ayrıca bu pencerede bulunan yük zaman aralığı sayesinde yükün uygulanacağı zaman aralığı ve uygulanacak yükün özelliği (*linear yük /non-linear yük*) belirlenebilir (Şekil 4.58).

Simülasyon Zamanı ve Anahtarlama Frekansı

t (s) Khz

Yük- Zaman Aralığı- t (s)

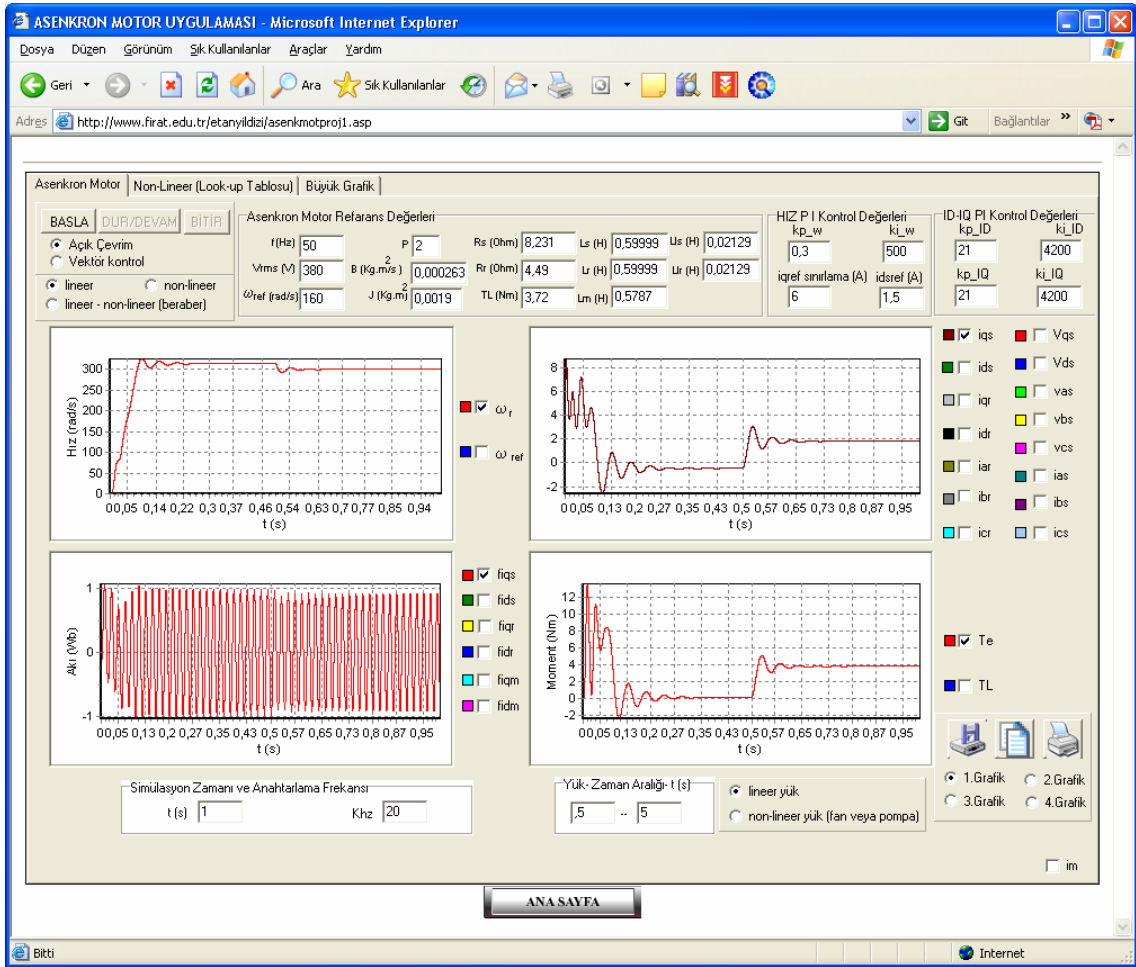
--

☒ linear yük

☐ non-linear yük (fan veya pompa)

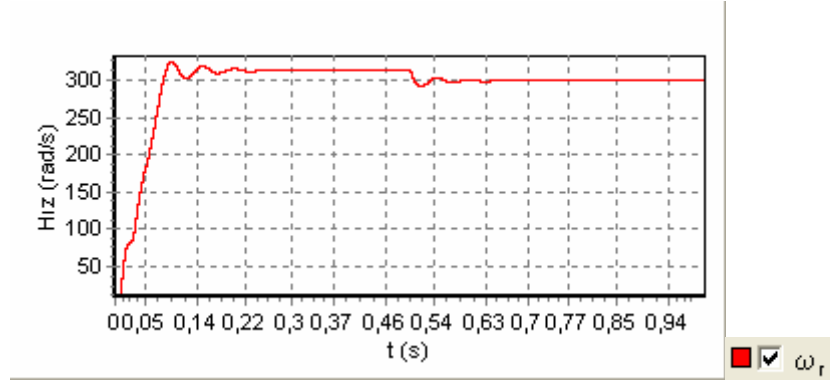
Şekil 4.58. Asenkron motor sanal uygulamasına ait simülasyon süresi, anahtarlama frekansı, yükün uygulanacağı zaman aralığı ve yük tipinin belirlendiği bölümün görünümü

Motora ait tüm parametreler rahatlıkla değiştirilebilir ve farklı asenkron motor değerleri için uygulanabilir. Asenkron motora ait sanal uygulama verilen parametrelere göre *Açık Çevrim* olarak çalıştırıldığında uygulamanın genel görünümü Şekil 4.59’da verilmiştir.

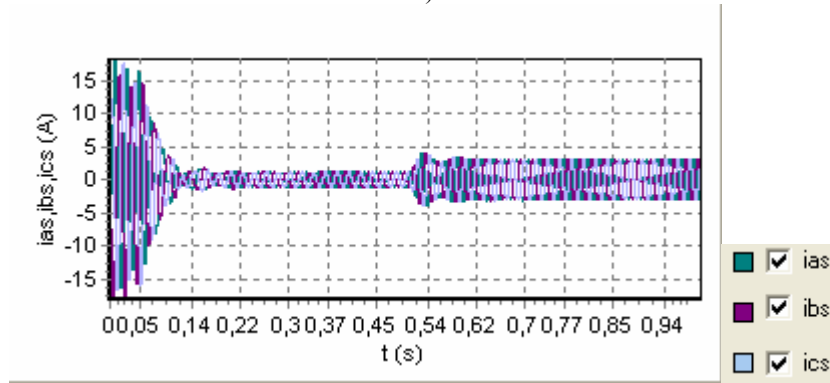


Şekil 4.59. Asenkron motor sanal uygulamasının *Açık Çevrim* olarak çalıştırılmasına ait benzetim sonuçlarının genel görünümü

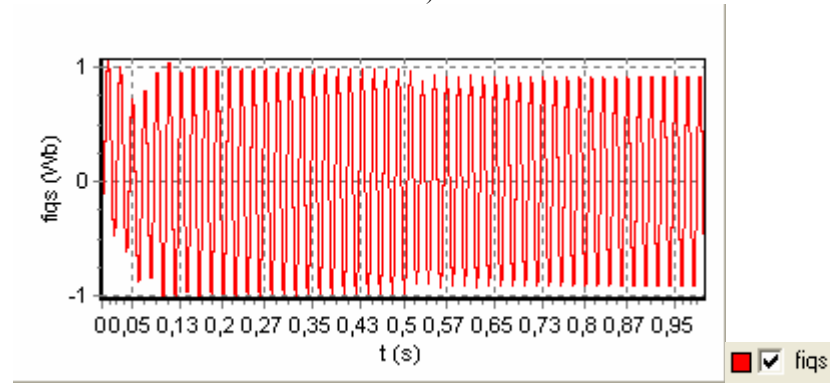
Asenkron motor sanal uygulaması, Şekil 4.59’da verilen değerlere göre çalıştırılarak, grafik penceresinden akı, akım, hız ve moment kontrol kutuları seçilerek benzetime ait uygulamanın grafiksel sonuçları görüntülenmiştir (Şekil 4.60).



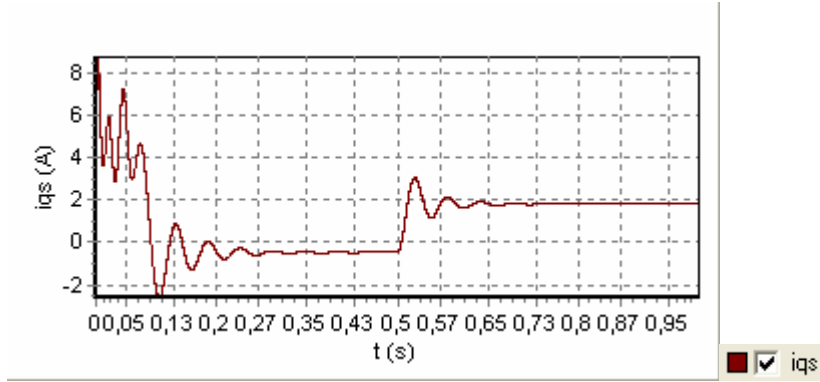
a)



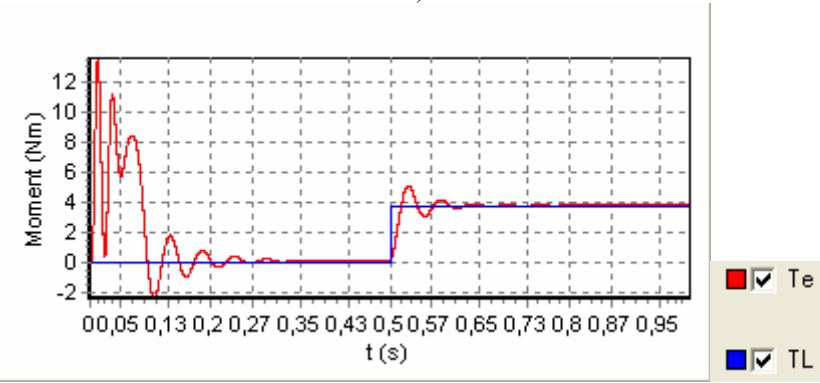
b)



c)



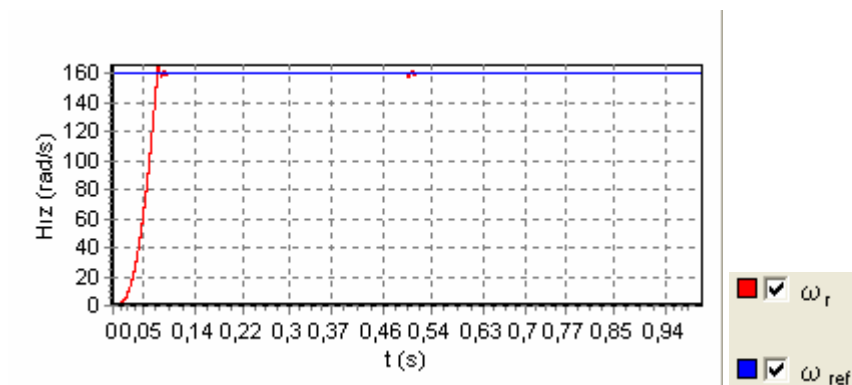
d)

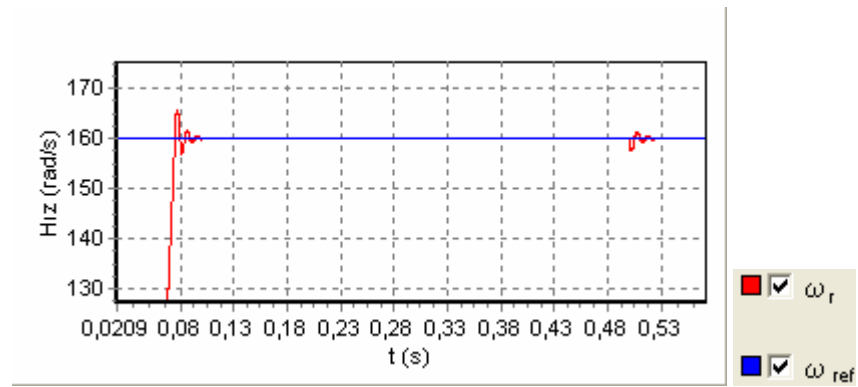


e)

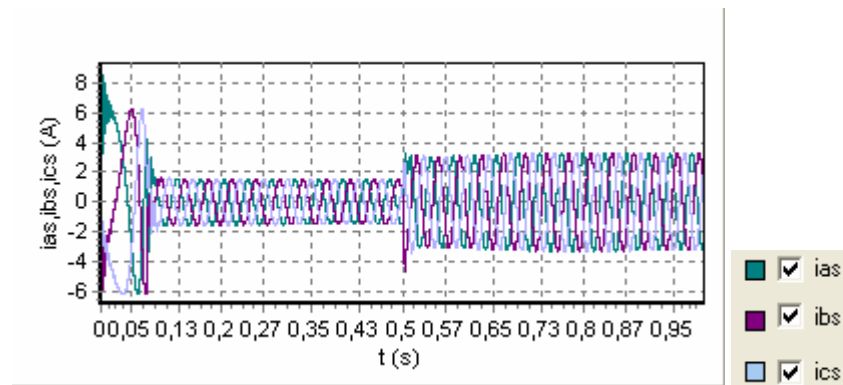
Şekil 4.60 Asenkron motorun açık çevrim olarak çalıştırılması sonucunda elde edilen grafiksel sonuçlar, a) Hız, b) Stator faz akımları, c) Stator akısı, d) Stator i_q akımı, e) Moment

Sanal uygulamanın vektör kontrol kısmında, PI denetleyici ile hız kontrolü yapılmaktadır. *Vektör kontrol* butonu seçilip, başlangıçta verilen değerlere göre uygulama çalıştırıldığında grafik pencerelerinde benzetime ait uygulamanın grafiksel sonuçları görüntülenir (Şekil 4.61).

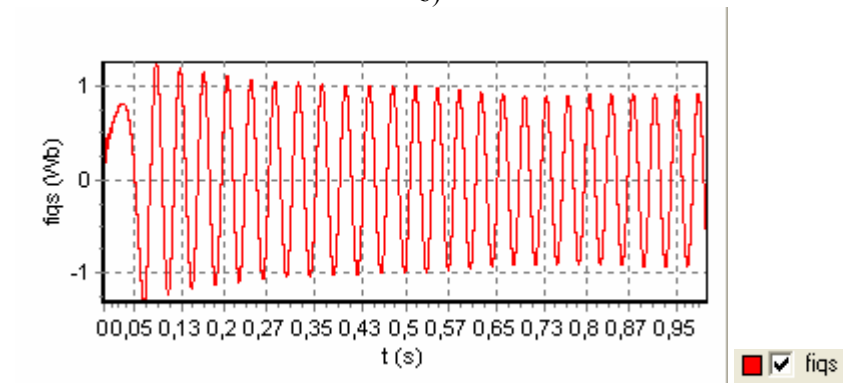




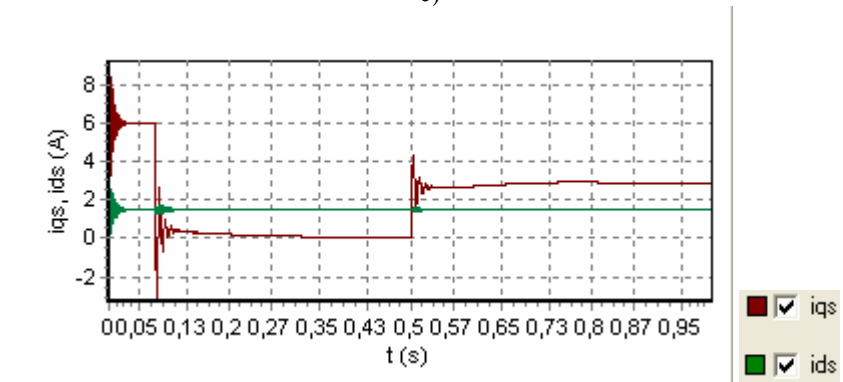
a)



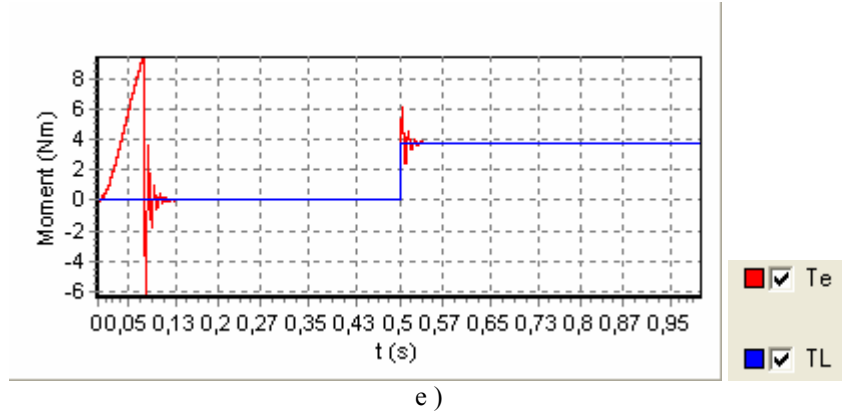
b)



c)



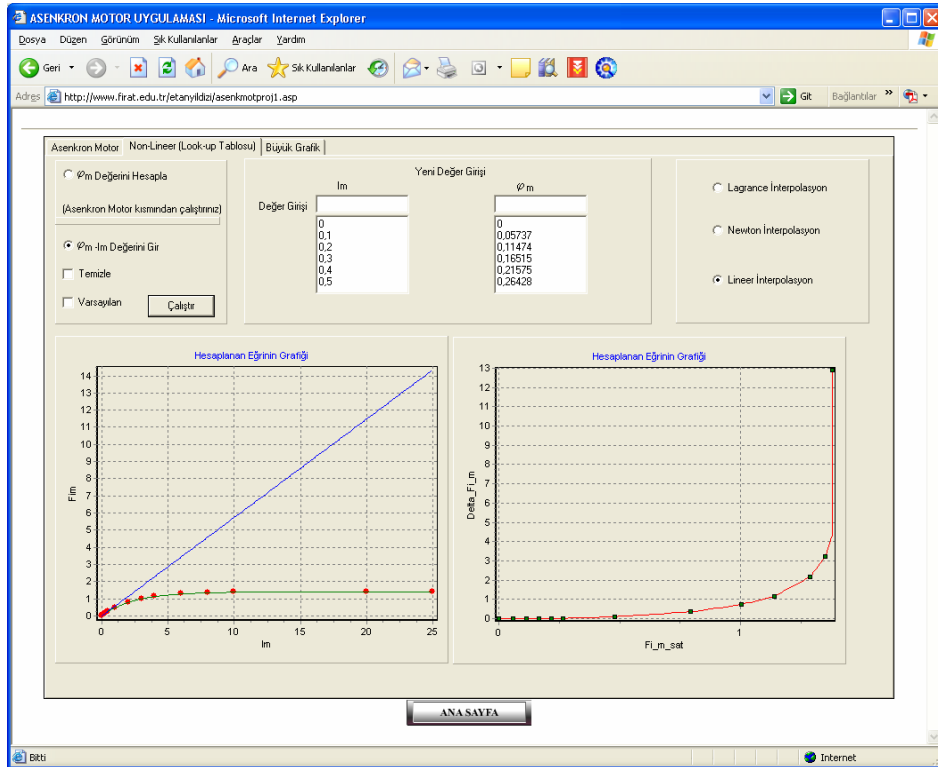
d)



Şekil 4.61. Asenkron motorun vektör kontrol olarak çalıştırılması sonucunda elde edilen grafiksel sonuçlar, a) Hız, b) Stator akımları, c) Stator akısı d) Stator i_q ve i_d akımı, e) Moment

4.2.5.4. Asenkron Motorda Manyetik Doyum Etkisini İçeren Sanal Uygulama

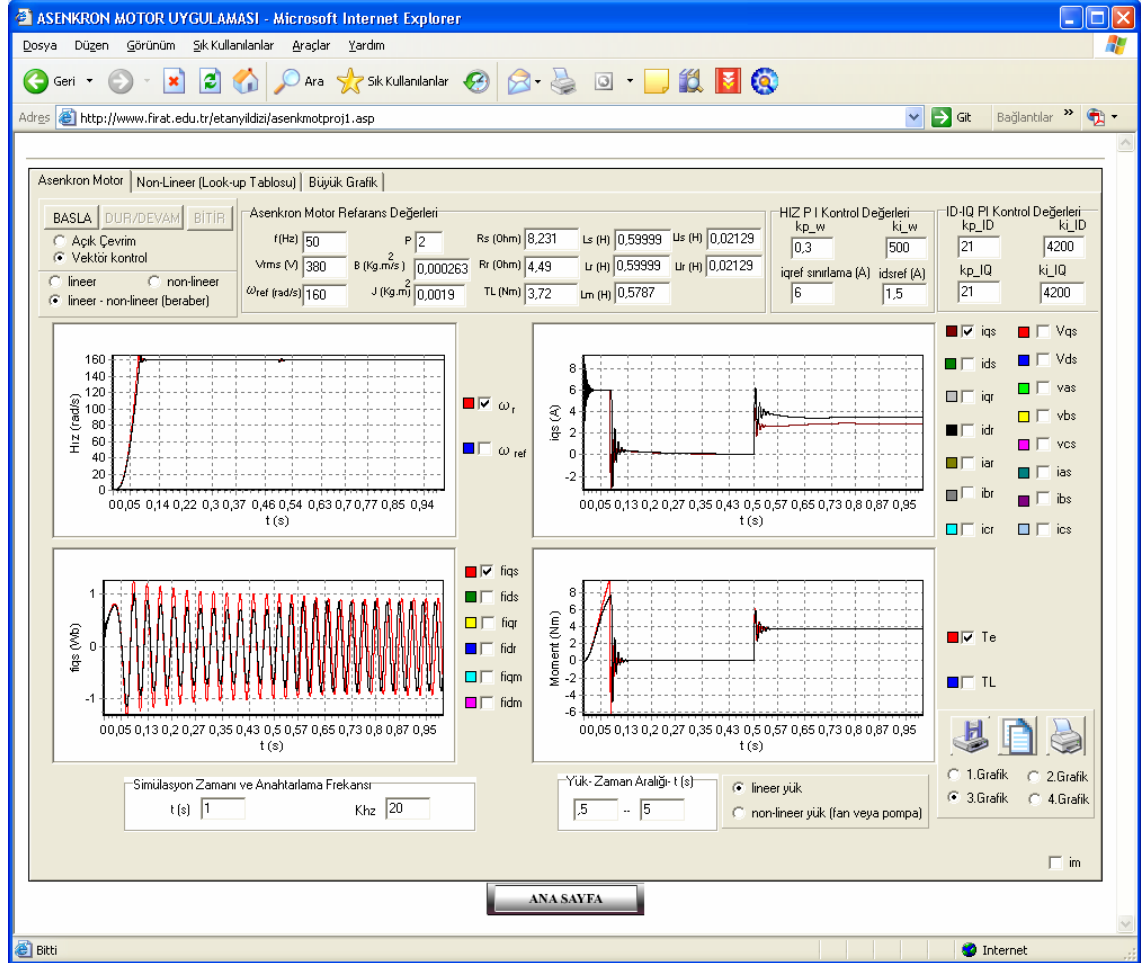
Asenkron motor uygulamasının *Non-Linear (Look-up Tablosu)* bölümünde manyetik doyumun mıknatıslanma akısı yolu üzerindeki etkisini görebilmek için mıknatıslanma akımı ve akısına ait değerler girilerek manyetik akının hesabı yapılmaktadır. Hesaplanan manyetik akı sanal uygulaması yapılan sisteme, Şekil 4.57’de görülen *non-linear* seçim kutusu işaretlenerek dahil edilir.



Şekil 4.62. Doyumun etkisinin sisteme ilave edilmesi için mıknatıslanma akımı ve akısının girildiği pencerenin görünümü

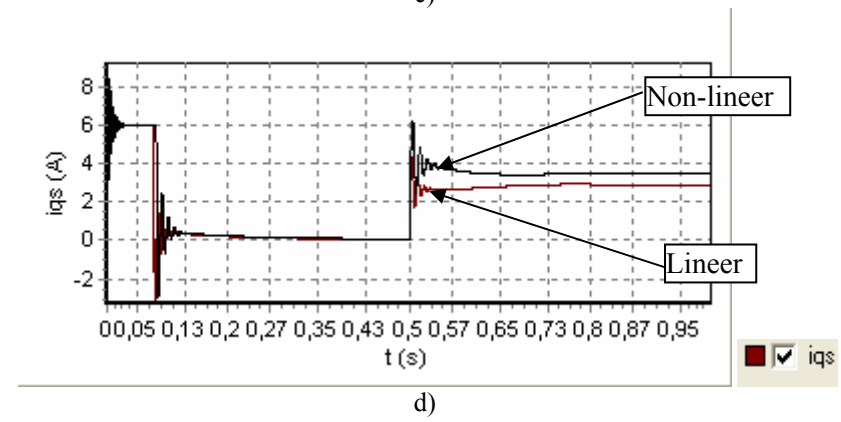
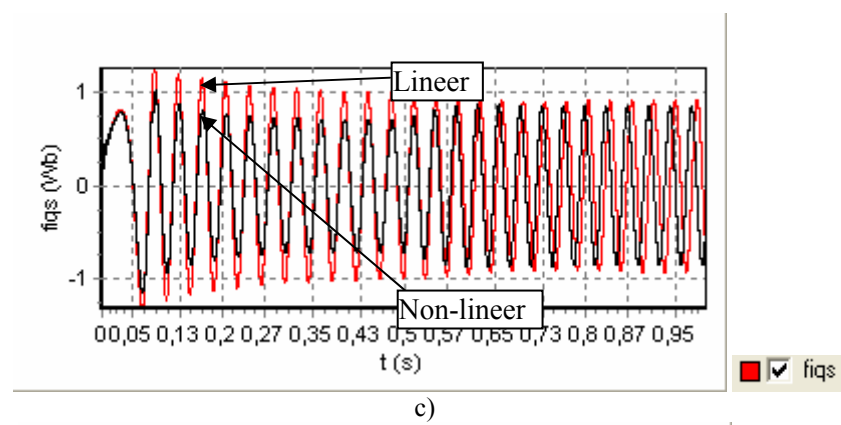
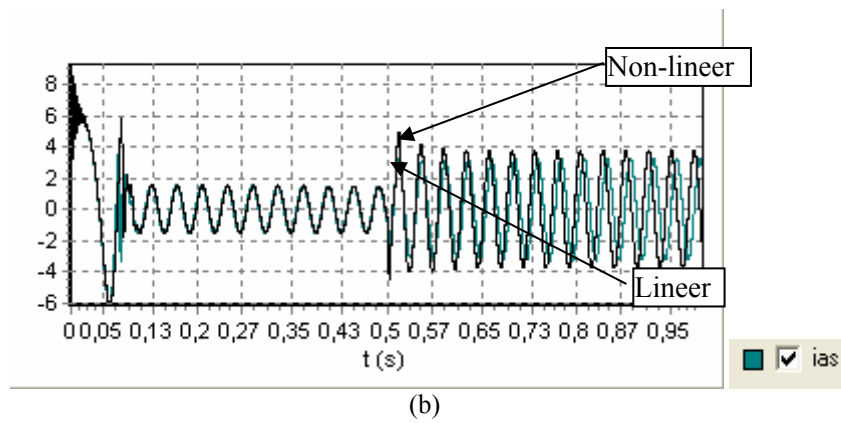
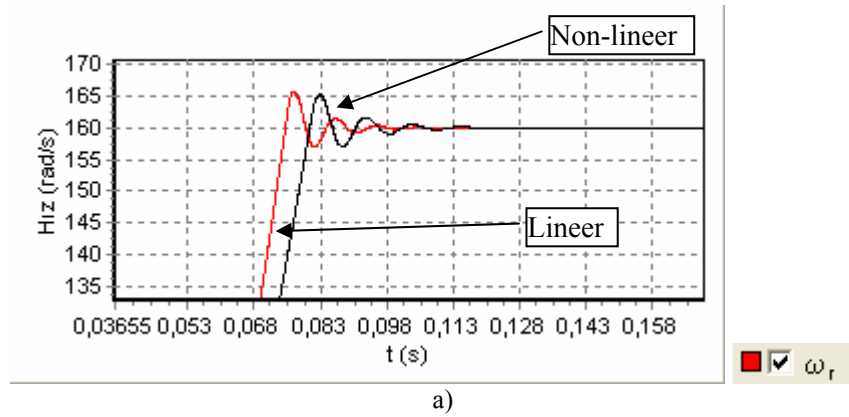
Mıknatıslanma akımı (I_m) ve mıknatıslanma akısı (ϕ_m) değerlerinin girilmesiyle Şekil 4.62’de verilen karakteristik eğri elde edilir. Eğri üzerindeki bilinen veri noktaları arasındaki ara değerler, Lagrange, Newton veya Lineer İnterpolasyon yöntemi yardımıyla bulunmaktadır.

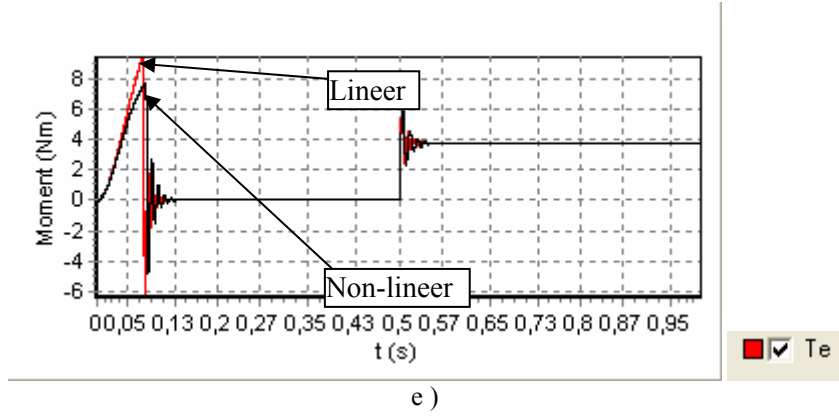
Şekil 4.63’te manyetik akının hesaplanmasından sonra başlangıçta verilen motor büyüklükleri ile *linear- non-linear(beraber)* butonu aktif iken uygulama *Vektör kontrol* olarak çalıştırılabilir.



Şekil 4.63. Manyetik doyum ilave edildiği sanal uygulamaya ait sonuçların görünümü

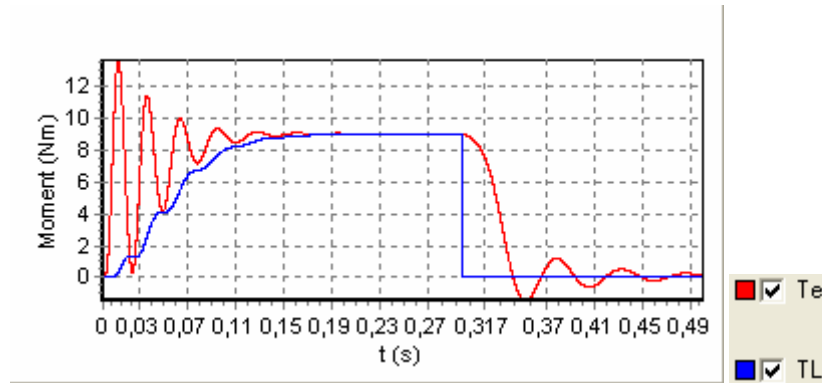
Manyetik doyumun etkisini görebilmek için linear ve non-linear olarak sanal uygulama çalıştırılarak elde edilen sonuçlar Şekil 4.64’te verilmiştir.





Şekil 4.64. Sanal uygulamaya ait manyetik doyumun etkisinin ilave edilmesi sonucunda elde edilen grafiksel sonuçlar; a) Hız (ω_r), b) Stator akımı (i_{as}), c) Stator akısı (ϕ_{qs}), d) Stator i_q akımı, e) Moment (T_e)

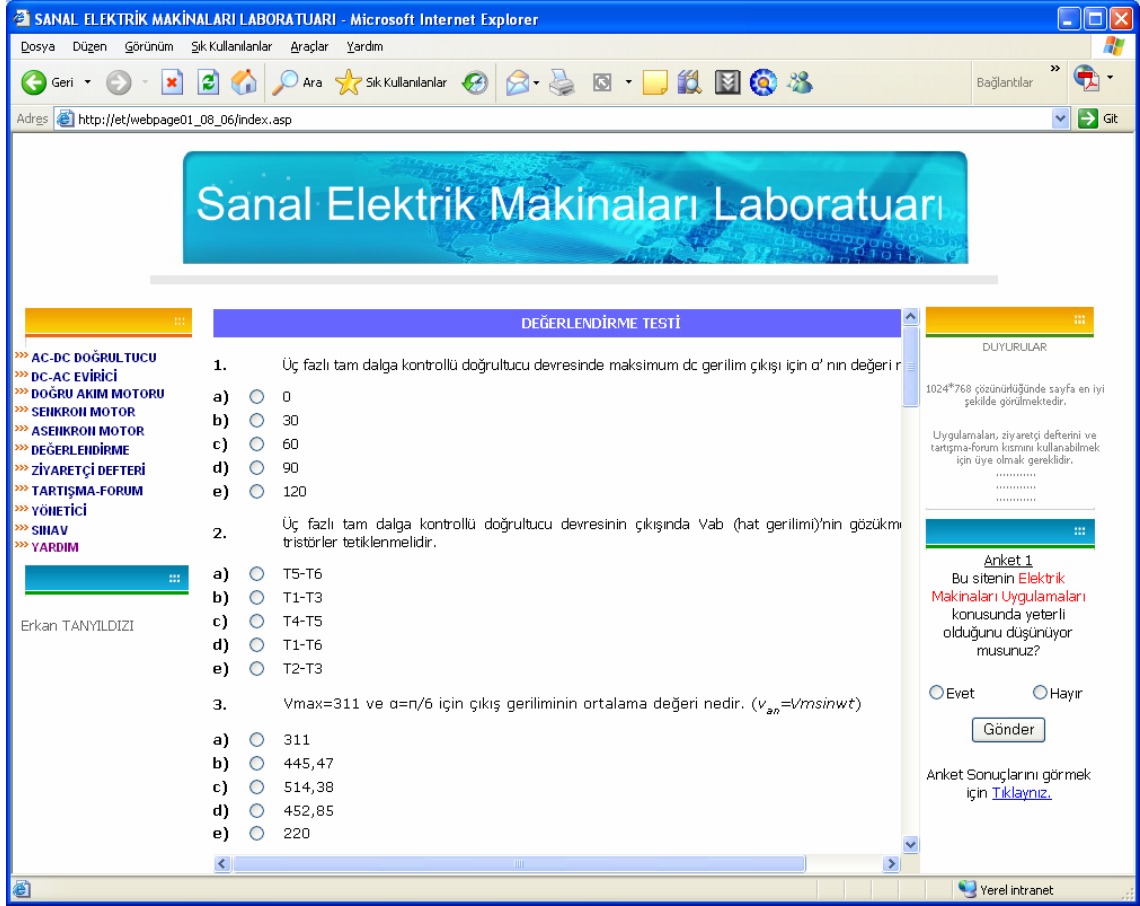
Eğer sisteme doğrusal yük yerine doğrusal olmayan bir yük uygulanmak istenirse, Şekil 4.58’de *non-linear yük* butonu seçilmelidir. Burada uygulanan yük fan yüküdür. Sistemin başlangıçta verilen şartlara göre çalıştırılması sonucunda momentin ve fan yükünün değişimi Şekil 4.65’te verilmiştir.



Şekil 4.65. Sanal uygulamaya ait moment ve fan yükünün değişimi

4.3. Değerlendirme Bölümü

Değerlendirme kısmında, teorik ve deneysel çalışmalarla ilgili öğrencinin performansını ölçebileceği bir deneme testi verilmiştir (Şekil 4.66). Bu test ile öğrenci başarısını ölçebilecek; yetersiz kaldığı konuları tekrar geriye dönüp bilgisini destekleyebilecektir. Değerlendirme sayfasında çoktan seçmeli sorular verilmiştir.



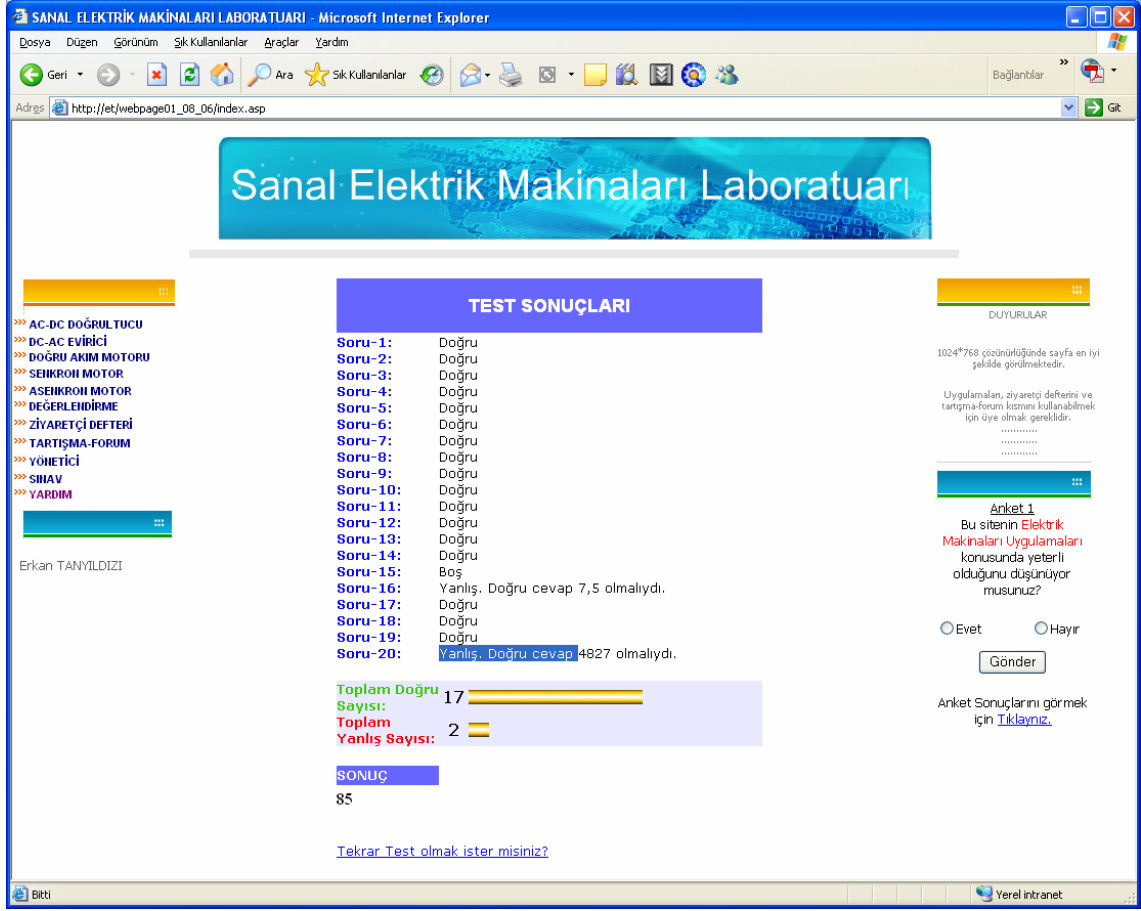
Şekil 4.66. Değerlendirme testi sayfası

Öğrenci, testi tamamladıktan sonra sayfa altında bulunan *Testi Bitir* butonuna tıklayarak (Şekil 4.67) test sonuçlarının görüntülediği sayfaya geçer ve başarı durumunu görebilir. Bu sayfada hem doğru ve yanlış cevaplar ve hem de boş bırakılan sorular görülmektedir (Şekil 4.68). Eğer değerlendirme sayfasında bulunan *İptal Et* butonu tıklanırsa daha önce verilen cevapların tamamı silinir ve test yeniden yapılabilir.

20. Bu motora 1 Nm bir yük uyg

a) ☐ 505
b) ☐ 4827
c) ☐ 6523
d) ☐ 1780
e) ☐ 2300

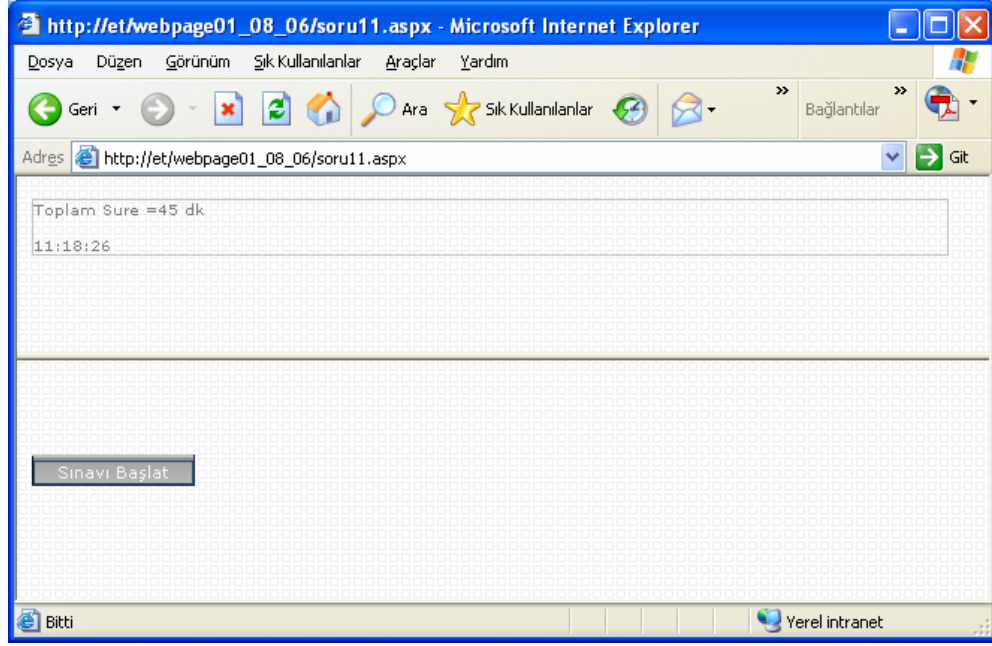
Şekil 4.67. Değerlendirme testinin bitirilmesi



Şekil 4.68. Test sonuçları sayfası

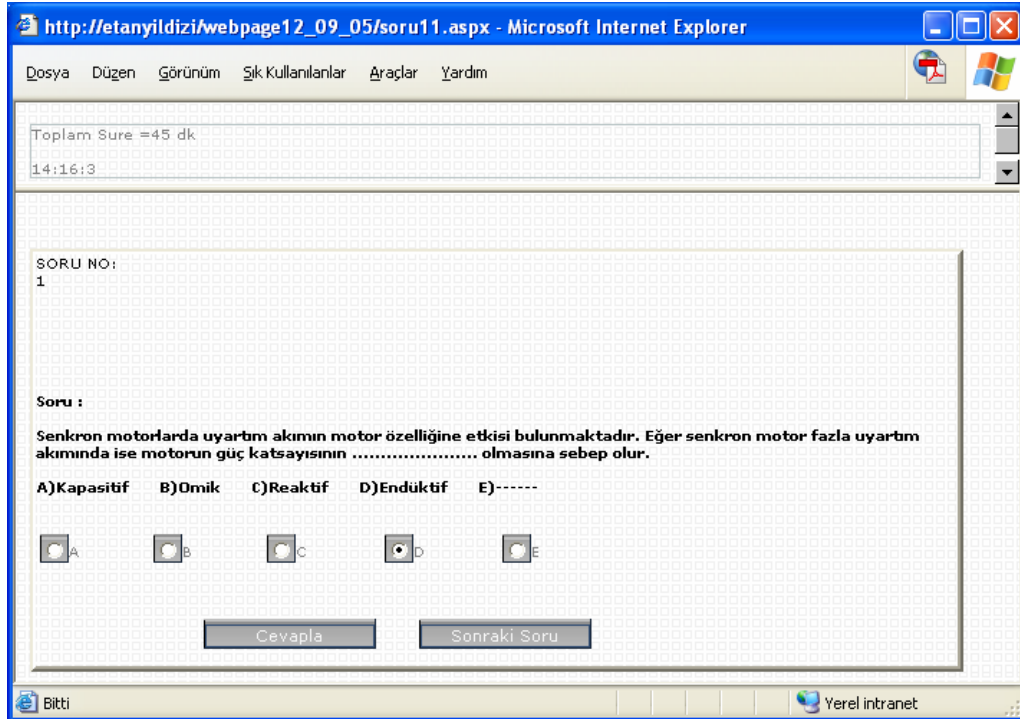
4.4. Sınav Bölümü

Sanal uygulama laboratuvarının *Sınav* bölümü, öğrencinin gerçek sınav ortamıdır. Öğrenci burada bulunan çoktan seçmeli soruları gerçek sınav ortamında olduğu gibi verilen süre içinde çözmek zorundadır. Sorular öğrencilerin bilgisayarlarına rasgele gelmektedir. Sınav bölümünü seçildiğinde Şekil 4.69'daki görüntü ekrana gelir.



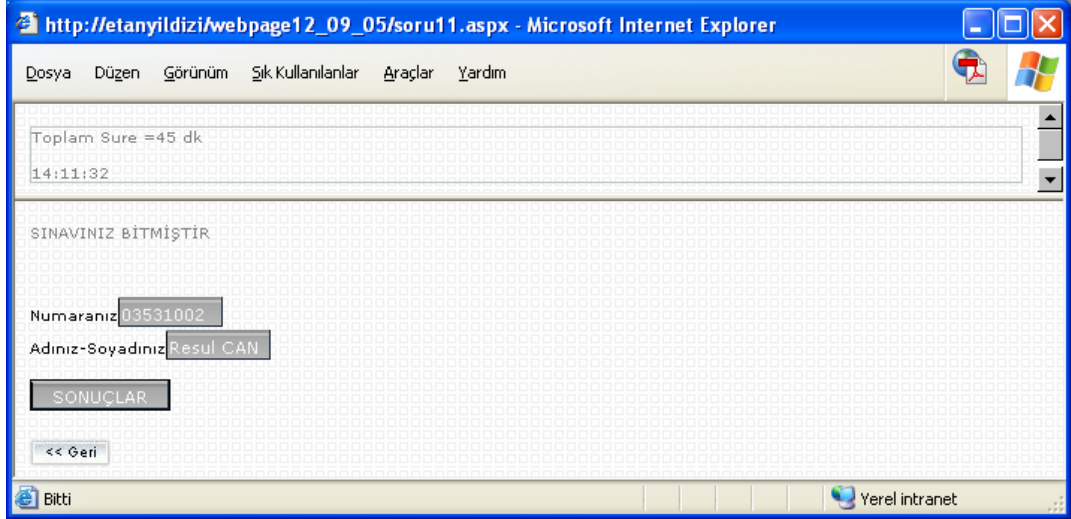
Şekil 4.69. Sınavı başlatma ekranı

Şekil 4.69’da görüldüğü gibi üst kısımda sınavın toplam süresi ve sınav saati yazmaktadır. Öğrenci *Sınavı Başlat* butonuna tıkladığında sınav başlamış olur. Sınav sorularının her biri ayrı bir sayfa da öğrenciye gelir (Şekil 4.70).



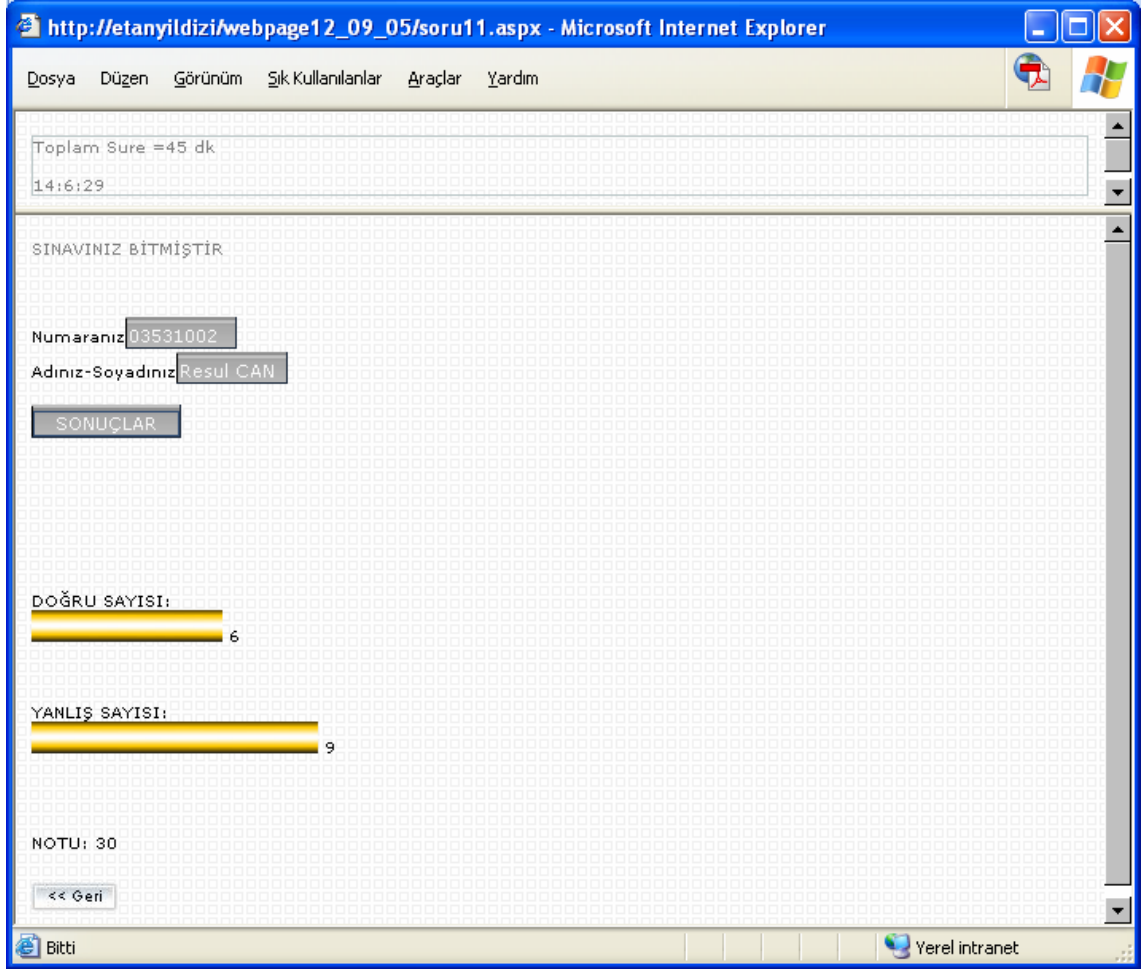
Şekil 4.70. Sınav soru ekranı

Soruların altında bulunan *Cevapla* butonu ile seçilen şık değeri aktif edilir. Eğer cevapla butonu tıklamadan *Sonraki Sayfa* butonu tıklanırsa öğrenci bu soruyu boş bırakmış olur. Sınav soruları rasgele cevaplanılarak Şekil 4.71'deki sınav sorularının cevaplaması bittikten sonraki ekrana ulaşılmıştır.



Şekil 4.71. Sınav bitiş ekranı

Bu ekranda öğrenci numarasını adını ve soyadını tekrar yazmakta ve *Sonuçlar* butonuna tıklayarak doğru ve yanlış sayısını, sınav notunu anında görebilmektedir (Şekil 4.72). Ayrıca bu notlar veritabanına kaydedilmekte ve sınavdan aldığı not olarak geçmektedir. Bu sayede ders sorumlusu eğitmen sonuçların tamamını *Yönetici* sayfasından görebilmektedir. Bu bölüme daha sonra değinileceğinden burada fazla açıklama verilmemiştir.



Şekil 4.72. Sınav sonuç ekranı

4.5. Ziyaretçi Defteri- Tartışma Forum Bölümü

Ziyaretçi defteri ile öğrenciler görüşlerini yazabilmektedirler (Şekil 4.73). Ziyaretçi sayfasında bulunan *Mesaj Yaz* ile panoya mesaj bırakılabilmektedir (Şekil 4.74). Öğrenciler mesaj penceresini kullanarak mesajları okuyabilir ve isterlerse mesajları panoya değil de e-mail adreslerine gönderebilirler.

Ziyaretçi Defteri

Mesaj Yaz

✉	ERKAN TANYILDIZI	🏠	Mesaj tarihi : 13.05.2004 15:44:24
➔	Umarım sayfaı beğenirsiniz		
✉	Hi Resul	🏠	Mesaj tarihi : 13.05.2004 15:42:50
➔	Arkadaşlar nasılsınız		
✉	Calder	🏠	Mesaj tarihi : 13.05.2004 15:40:29
➔	Merhaba		
✉	deneme	🏠	Mesaj tarihi : 08.05.2004 20:45:54
➔	deneme		
✉	arkan	🏠	Mesaj tarihi : 05.05.2004 20:03:23
➔	selamlar		

Şekil 4.73. Ziyaretçi defterinin görünümü

Ziyaretçi Defteri

İsim :

E-Mail :

Websitesi :

Mesajınız :

Şekil 4.74. Ziyaretçi defterine mesaj girme sayfası

Uygulama sayfasında bulunan *Tartışma Forum* bağlantısı tıklanıldığı zaman ekrana dersi yürüten öğretim elemanının tartışmaya açtığı bir konu hakkında öğrencilerin görüşleri yer alır (Şekil 4.75).

Tartışma Forum

Soru-Cevap	Mesaj Gönder
• e (e 08.05.2004 20:46:04) ○ Re: e (sdfsd 08.05.2004 20:49:22) • --->>Mesaj Silindi<<--- (Yönetici 08.05.2004 17:04:43) • SANAL EĞİTİM (Erkan TANYILDIZI 08.05.2004 16:55:26) ○ Re: SANAL EĞİTİM (08.05.2004 20:49:32)	

Şekil 4.75. Tartışma Forum sayfasının görünümü

Öğrenciler burada çevrimiçi olarak bir sınıf ortamında olduğu gibi konuyu tartışabilir veya sorular sorabilirler. Tartışma konusunun içeriği ve verilen cevapları görmek için tartışma konusuna ait konu başlığını tıklamak yeterlidir (Şekil 4.76).

Tartışma Forum

[Soru-Cevap forumuna geri dönüş](#) [Mesaj Yaz](#)

Başlık: SANAL EĞİTİM
Kimden: Erkan TANYILDIZI
I.P.: 10.6.2.23
Tarih: 08.05.2004 16:55:26

Sanal elektrik makinaları laboratuvarının belirli bir kısmı bu sitede verilmiştir. Bu konuda daha kapsamlı yapılacak bir çalışmanın eğitime katkısı hakkında ne düşünüyorsunuz?

CEVAPLAR

- Re: SANAL EĞİTİM (08.05.2004 20:49:32)

Şekil 4.76. Tartışma Forum sayfasında bulunan bir konunun içeriğinin görünümü

Tartışma konusuna cevap yazmak için *Mesaj Yaz*, yeni bir konu açmak için ise *Mesaj Gönder* butonları tıklanır. Ekrana gelen form doldurulup *Gönder* tıklanıldığı zaman mesaj *Tartışma Forum* sayfasında görünür (Şekil 4.77).

Tartışma Forum

[Soru-Cevap forumuna geri dönüş](#)

Adınız:

Email:

Başlık:

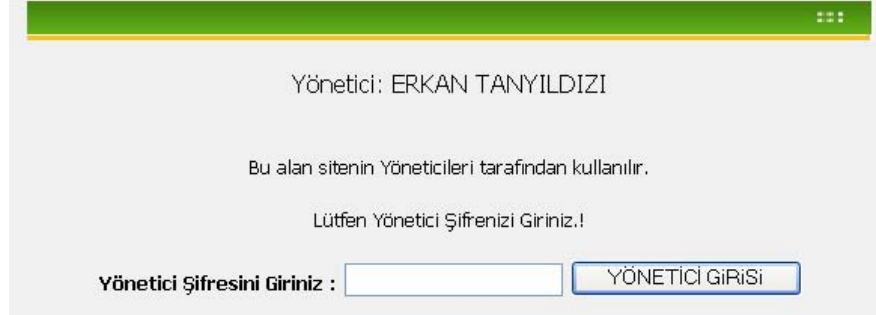
Mesajınız:

[Gönder](#)

Şekil 4.77. Tartışma konusuna cevap yazmak için oluşturulan formun görünümü

4.6. Yönetici Bölümü

Uygulama sayfasında bulunan *Yönetici* bölümü, *Ziyaretçi Defteri* ve *Tartışma-Forum* sayfasında bulunan mesajları silmek, *Tartışma Forum* sayfasında yeni bir tartışma konusu belirlemek, *Sınav* bölümünü düzenlemek, öğrencilerin sınav notlarını ve sanal ortama ait sayfalarda ne kadar kaldığını görebilmek içindir. Bu butonu sadece sorumlu öğretim elamanı kullanabilir. Yönetici sayfasına şifre ile girilmektedir (Şekil 4.78).



Şekil 4.78. Yönetici sayfasının görünümü

Şifre girildikten sonra Şekil 4.79 ekrana gelir. Bu ekranda *Ziyaretçi Defterinde* bulunan mesajlar görülmektedir. Mesajların başında bulunan kontrol kutuları seçilip *Kayıt sil* butonu tıklanırsa seçilen mesajlar silinir.

Ziyaretçi Defteri

☐	a	a
☐	ERKAN TANYILDIZI	Umarım sayfayı beğenirsiniz
☐	N.Resul	Arkadaşlar nasılsınız
☐	Cafer	Merhaba
☐	deneme	deneme
☐	erkan	selamlar
Kayıt sil		

[Forum Bölümü](#)

[Sınav Bölümü](#)

[Uygulamada Kalma Süreleri](#)

Şekil 4.79. Ziyaretçi Defterinde bulunan mesajları silmek için oluşturulan sayfanın görünümü *Tartışma Forum* kısmında verilen mesajları silmek için *Forum Bölümü* bağlantısı tıklanır. Bu sayfada Forum kısmına ait mesajlar ve içerikleri ekrana gelir (Şekil 4.80).

Forum

Forum: Soru-Cevap Soru-Cevap

[Forum Özellikleri](#) | [Tazele](#) |

- e {e 08.05.2004 20:46:04} [Mesajı Sil](#) | [İçeriği Sil](#)
 - Re: e {sdfsd 08.05.2004 20:49:22} [Mesajı Sil](#) | [İçeriği Sil](#)
- >>Mesaj Silindi<<--- {Yönetici 08.05.2004 17:04:43} [Mesajı Sil](#) | [İçeriği Sil](#)
- SANAL EĞİTİM {Erkan TANYILDIZI 08.05.2004 16:55:26} [Mesajı Sil](#) | [İçeriği Sil](#)
 - Re: SANAL EĞİTİM {08.05.2004 20:49:32} [Mesajı Sil](#) | [İçeriği Sil](#)

Şekil 4.80. Tartışma Forum sayfasında bulunan mesajları silmek için oluşturulan sayfanın görünümü

İstenen mesajın tümü veya içeriği silinebilir. *Forum Özellikleri* bağlantısı tıklanarak tartışma formunun adı değiştirilebilir (Şekil 4.81). *Tazele* bağlantısı tıklanırsa yapılan değişiklikler sayfaya uygulanır ve son hali ekrana gelir.

Forum: Soru-Cevap Soru-Cevap

[Forum Özellikleri](#) | [Tazele](#) |

ID: 1

Forum Adı:

Forum Açıklaması:

Şekil 4.81. Tartışma Forum sayfasındaki tartışma konusunun belirlendiği sayfanın görünümü

Sınav düzenlemek için *Sınav Bölümü* bağlantısı tıklanırsa sınav düzenleme sayfası ekrana gelir (Şekil 4.82).



Şekil 4.82. Sınav düzenleme ekranı

Sınav düzenleme sayfasında bulunan *Soru Ekle* seçeneği ile veritabanına yeni soru ekleme yapılmaktadır (Şekil 4.83).

SORU EKLE:

Soru No: **a**

b

Hangi Sınav İçin Soru Ekleyeceksiniz: ☒ I. Sınav ☐ II. Sınav ☐ III. Sınav **c**

Soru:

d

A B C D E **e**

Cevap:

☒ A ☐ B ☐ C ☐ D ☐ E **f**

Ünite: Bölüm: **g**

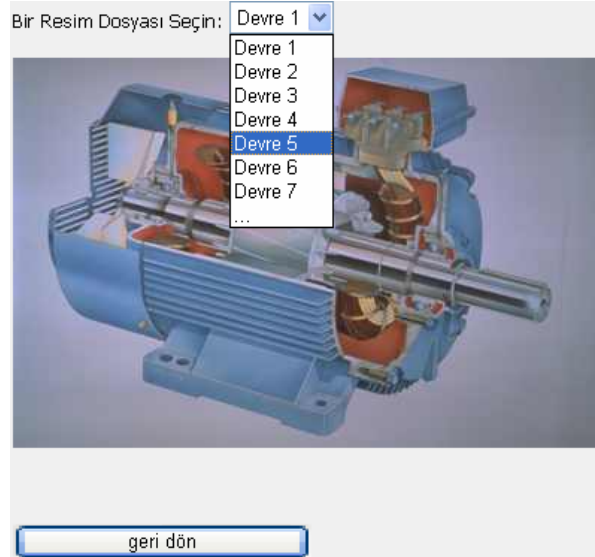
Soru İçin anahtar Kelime Girin:

h

i

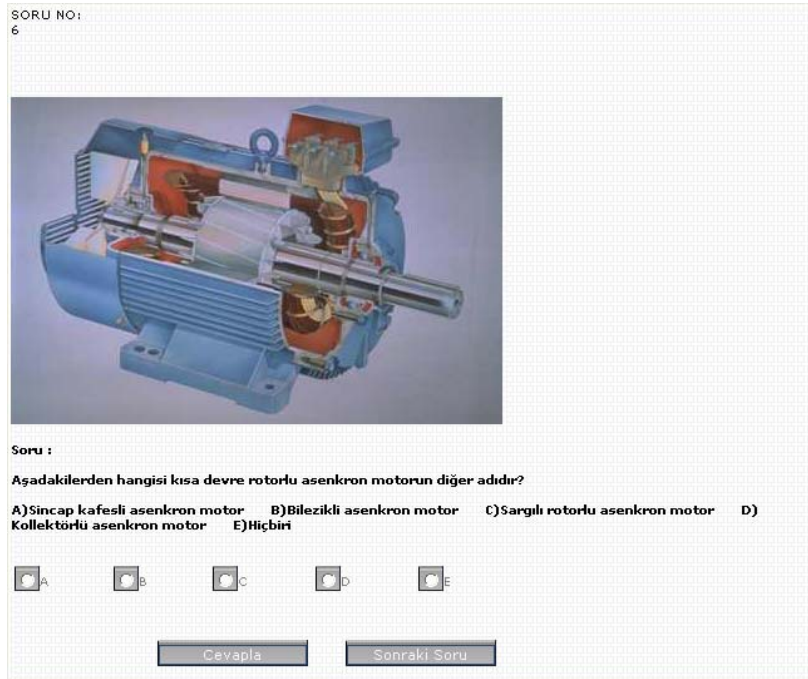
Şekil 4.83. Soru ekleme sayfası

Soru ekleme sayfasında harfler ile gösterilen kısımlar sorunun yapısını oluşturan elamanlardır. Şekil 4.83'te a ile gösterilen kısımda, eklenecek soru numarası otomatik olarak verilmektedir. b ile gösterilen kısımda, soruya ait bir resim veya açıklama eklenir. *Resim ekle* butonu seçilirse Şekil 4.84'teki görüntü ekrana gelir.



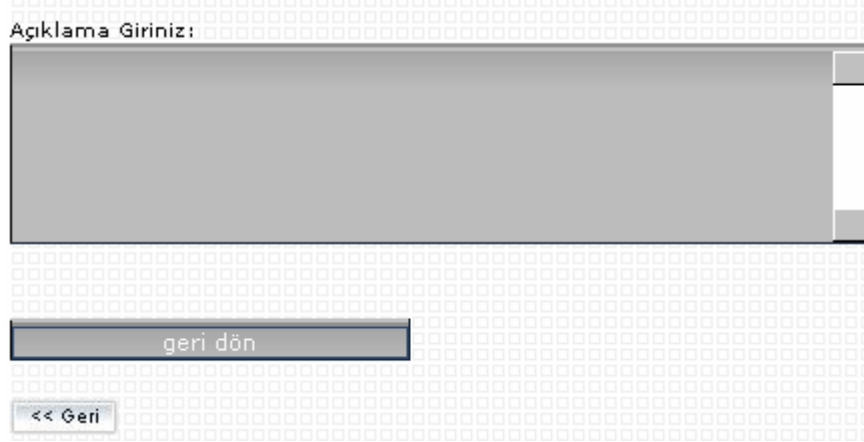
Şekil 4.84. Soruya ait resim ekleme sayfası

Bu ekrandan soruya uygun resim seçilir. Seçilen bu resmin yolu veritabanına kaydedilerek o soru ile birlikte görüntülenir (Şekil 4.85).



Şekil 4.85. Soru içerisine resmin eklenmiş hali

Açıklama ekle kısmında ise soruya ait açıklayıcı bilgiler verilebilir. Bu buton seçildiğinde ayrı bir sayfada açıklama girilecek metin alanı ekrana gelir(Şekil 4.86).



Şekil 4.86. Soru için açıklama ekleme sayfası

Şekil 4.83' te c ile gösterilen kısımda,, sorunun hangi sınava dahil edileceği seçilmektedir. d ile gösterilen kısımda, soru, e ile gösterilen kısımda, cevap şıkları, f ile gösterilen kısımda ise doğru cevap şıkkı girilir. g ile gösterilen kısımda, sorunun dahil olacağı ünite ve bölüm numaraları, h ile gösterilen kısımda ise soruya ait bir anahtar kelime girilir. Son olarak i ile gösterilen kısımda gösterilen ekle düğmesi tıklanarak sorumuz veritabanına ilave edilebilir. Bu şekilde istenilen özellikte ve sayıda soru eklenebilir.

Sınav düzenleme sayfasında bulunan *Soru Seç* seçeneği ile yapılacak sınav ve sorular seçilir. (Şekil 4.87).



Şekil 4.87. Sınav seçme ekranı

Sınav seçme ekranından yapılacak sınav seçildikten sonra *Sınavı Seç* butonu tıklanır ve ekrana Şekil 4.88'deki görüntü gelir.

Ünite No	Toplam Soru
Ünite1: 0	(16)soru
Ünite2: 0	(5)soru
Ünite3: 0	(4)soru
Ünite4: 0	(4)soru
Ünite5: 0	(0)soru
Ünite6: 0	(0)soru
Ünite7: 0	(0)soru
Ünite8: 0	(0)soru
Ünite9: 0	(1)soru
Ünite10: 0	(0)soru

Süre: 45 dk süreyi değiştir

☒ Sıralı
☐ Rastgele

NOT:

Sınav sorularını seçme ve düzenleme ekranı içinde yaptığınız değişiklikler tüm sınavlar için geçerlidir. Farklı bir sınav için bu bölümün yeniden düzenlenmesi gerekmektedir.

Uygula

<< Geri

Şekil 4.88. Yapılacak sınavın sorularını seçme ekranı

Şekil 4.88’de ile gösterilen kısımda, yapılacak sınav için ünitelere ait sorulardan kaç tane seçileceği belirlenir. Tüm ünitelerden soru seçmek veya soruların tamamını girmek zorunlu değildir. Sınavın özelliğine göre istenilen soru adedi buradaki metin kutularına girilebilir. b ile gösterilen kısımda, yapılacak sınavın süresi değiştirilir ve soruların veritabanından sıralı veya rasgele alınması seçilir. c ile gösterilen kısımda, yapılan değişikliklerin güncellenmesi için *Uygula* butonu bulunmaktadır.

Sınav düzenleme sayfasında bulunan *Soru Değiştir* seçeneği ile veritabanında kayıtlı bulunan sorular düzenlenebilir, değiştirebilir veya silinebilmektedir. Örnek olarak, I.Sınava ait 1 numaralı soruyu değiştirmek istediğimizde, o kayda ait tüm bilgiler bu sayfa içerisinde yer almaktadır (Şekil 4.89).

SORU DÜZELT:

Soru No: **a**

Hangi Sınavdaki Soruyu Değiştireceksiniz: ☒ I. Sınav ☐ II. Sınav ☐ III. Sınav **b**

Açıklama:
Resim yolu:/bos.gif

Soru:

Asenkron motorlar endstride en fazla kullanılan motorlardır. nk asenkron motorlar dier doru akım motorlarına gre baz stnlkleri vardır. Aadakilerden hangisi bu stnlklerinden birisi deildir?

c

A B C D E

Cevap:

☐ A ☐ B ☐ C ☒ D ☐ E

Ünite: Bölüm:

Soru İçin anahtar Kelime Girin:

d

Şekil 4.89. Mevcut soruları düzenleme ekranı

Şekil 4.89’da a ile gösterilen kısımda, düzenleme yapılacak soru numarası girilir. b ile gösterilen kısımda, bu sorunun hangi sınava ait olduğu seçilir ve *Kaydı Göster* butonu tıklanarak değiştirilmek istenen sorunun ekranda görüntülenmesi sağlanır. c ile gösterilen kısımda, soruya ait resim, açıklama, sorunun kendisi, cevap şıkları, doğru cevap seçeneği, ünite, bölüm ve anahtar kelime değerleri yeniden girilebilmektedir. d ile gösterilen kısımda, yapılan değişikliğin onaylanması için *Güncelle*, bu sorunun tamamen silinmesi için *Sil* butonu tıklanır. Hangi kayıt üzerinde düzenleme yapılacağından emin değilseniz yine d ile gösterilen kısımda görülen *Tüm Kayıtları Göster* butonu tıklanarak veritabanında bulunan tüm sorular görüntülenir (Şekil 4.90).

Hangi Sınavdaki Soruyu Değiştireceksiniz: ☒ I. Sınav ☐ II. Sınav ☐ III. Sınav

Kaydı Göster

Geri Dön

Şekil 4.90. Tüm kayıtları görmek için oluşturulan ekran

Şekil 4.90'daki ekranda kaydı görülmek istenen sınav seçilir ve *Kaydı Göster* butonu tıklanır. Bu işlemler yapıldıktan sonra Şekil 4.91'deki sayfa ekrana gelir. Bu sayfadan istenilen sorunun numarası belirlenir ve *Geri Dön* butonu ile tekrar soru değiştirme sayfasına gidilir.

ID	SORU	Cevap	Ünite	Bölüm	Anahtar
8	Aadaki ifadelerden hangisi kaymanın tanımıdır?	C	1	8	Asenkron8
13	Senkron motorlarda uyarıtım akımının motor özelliğine etkisi bulunmaktadır. Eğer senkron motor az uyarıtım akımında ise motorun güç katsayısının olmasına sebep olur.	C	2	1	Senkron1
14	Senkron motorlarda uyarıtım akımının motor özelliğine etkisi bulunmaktadır. Eğer senkron motor normal uyarıtım akımında ise motorun güç katsayısının olmasına sebep olur.	C	2	2	Senkron2
15	Senkron motorlarda uyarıtım akımının motor özelliğine etkisi bulunmaktadır. Eğer senkron motor fazla uyarıtım akımında ise motorun güç katsayısının olmasına sebep olur.	A	2	3	Senkron3
16	Senkron motorlar yük döndürmeden güç katsayısını düzeltmek için kullanılırsa bir kondansatör görevi yapar ve senkron motora da denilmektedir.	D	2	4	Senkron4
17	Senkron motorlar vantilatörlerde, aspiratörlerde, su pompalama istasyonlarındaki pompalarda, hava ve gaz kompresörlerinde motorlar kullanılır. Kısaca senkron motorlar kullanılır.	D	2	5	Senkron5
18	Doğru akım elektrik enerjisini mekanik enerjiye dönüştüren elektrik makinalarına denir.	A	3	1	DC motor1
19	Uyarıtım sargısı endüviye paralel bağlanan motorlara denir.	D	3	2	DC motor2
6	Sincap kafesli asenkron motorlar bazı üstünlüklerden dolayı sanayide çok kullanılır. Bu üstünlüklerden hangisi yanlıştır?	B	1	6	Asenkron6
7	Bilezikli asenkron motorlarda adet tek fazlı rotor sargs aralarında yıldız balanarak k ular balanmtr.	C	1	7	Asenkron7
20	Rotorların dönmesi esnasında hava ile sürtünmesi esnasında meydana gelen kayıplara denir.	C	3	3	DC motor3
21	Bir motora elektrik palsleri uygulayınca mekanik bir hareket (yani dnme) yapılabiliyorsa bu tip motorlara denir.		4	1	Step motor1
22	Step motorun sargılama uygulanacak gerilimin ynnre gre rotorun hareketi saat ibresi ynnnde (.....) veya saat ibresi tersi ynnnde (.....) gerekletrilebilir.		4	2	Step motor2
23	Sabit mknatsız ve değışkin relüktanslı step motorların birleştirilerek geliştirilmiş şekli step motordur.	D	4	3	Step motor3
24	Aşağıdakilerden hangisi step motorun çeşitlerinden değildir?	D	4	4	Step motor4
25	Fırça ve kolektörsüz D.C. motorlarda fırça ve kolektörlerin görevini yapar.	D	3	4	DC motor4
27	Asenkron motorlar endüstride en fazla kullanılan motorlardır. Çunku asenkron motorlar diğer doğru akım motorlarına göre bazı üstünlükleri vardır. Aşağıdakilerden hangisi bu üstünlüklerinden birisi değildir?	B	1	1	
1	Asenkron motorlar endüstride en fazla kullanılan motorlardır. nk asenkron motorlar diğer doğru akım motorlarına göre bazı üstünlükleri vardır. Aadakiilerden hangisi bu üstünlüklerinden birisi değildir?		1	1	Asenkron1
2	Aşağıdakilerden hangisi asenkron motorun diğer adı değildir?	D	1	2	Asenkron2
3	D.C motorlarında çalışma sırasında kolektör dilimleri ile fırçalar arasında kıvılcımlar çıkar. Sincap kafesli Asenkron motorlarda ise çalışma sırasında	A	1	3	Asenkron3
4	Aşağıdakilerden hangisi kısa devre rotorlu asenkron motorun diğer adıdır?	A	1	4	Asenkron4
5	Aşağıdakilerden hangisi bilezikli asenkron motorun diğer adıdır?	D	1	5	Asenkron5
33		C	1	1	
34		C	1	1	

Hangi Sınavdaki Soruyu Değiştireceksiniz: ☒ I. Sınav ☐ II. Sınav ☐ III. Sınav

Şekil 4.91. Veritabanında bulunan tüm kayıtlar

Sınav düzenleme sayfasında bulunan *Soru Sil* seçeneği ile tüm sorular görüntülenerek istenilen soru silinebilir. (Şekil 4.92).

Hangi Sınavdaki Soruyu Sileceksiniz: ☒ I. Sınav ☐ II. Sınav ☐ III. Sınav

Kaydı Göster

<< Geri

Şekil 4.92. Soru Sil sayfasının görünümü

Şekil 4.92’de soruların silinmesi istenen sınav seçilip *Kaydı Göster* butonu tıklanırsa Şekil 4.93’teki görüntü ekrana gelir.

22	Step motorun sarglarına uygulanacak gerilimin yınne gre rotorun hareketi saat ibresi yınnde (.....) veya saat ibresi tersi yınnde (.....) gerekletrilebilir.	4	2	Step motor2	
23	Sabit mıknatıslı ve değışkin relüktanslı step motorların birleştirilerek geliştirilmiş şekli step motordur.	D	4	3	Step motor3
24	Aşağıdakilerden hangisi step motorun çeşitlerinden değıldir?	D	4	4	Step motor4
25	Fırça ve kollektörsüz D.C. motorlarda fırça ve kollektörlerin görevini yapar.	D	3	4	DC motor4
27	Asenkron motorlar endustride en fazla kullanılan motorlardır. Cunku asenkron motorlar diğeri dogru akım motorlarına göre bazı üstunlukleri vardır. Asagidakilerden hangisi bu üstunluklerinden birisi değıldir?	B	1	1	
1	Asenkron motorlar endstride en fazla kullanılan motorlardır, nk asenkron motorlar diğeri doru akm motorlarına gre bazı stnlukleri vardır. Aadakilerden hangisi bu stnluklerinden birisi deildir?		1	1	Asenkron1
2	Asagidakilerden hangisi asenkron motorun diğeri adı değıldir?	D	1	2	Asenkron2
3	D.C motorlarında çalışma sırasında kollektör dilimleri ile fırçalar arasında kıvılcımlar çıkar. Sıncap kafesli Asenkron motorlarda ise çalışma sırasında	A	1	3	Asenkron3
4	Aşağıdakilerden hangisi kısa devre rotorlu asenkron motorun diğeri adıdır?	A	1	4	Asenkron4
5	Aşağıdakilerden hangisi bilezikli asenkron motorun diğeri adıdır?	D	1	5	Asenkron5
33		C	1	1	
34		C	1	1	

Hangi alana göre silme işlemi yapacaksınız: ☒ ID ☐ Ünite ☐ Bölüm ☐ Anahtar

Silmek istediğiniz kayda ait değeri girin:

Kayıtları Sil

<< Geri

Şekil 4.93. Silinecek sınava ait tüm kayıtların görüntülendiğı sayfanın görünümü

Şekil 4.93’ teki ekranda sorunun silinmesi istenen alan belirlenir. Bu alanlar *ID* (soru numarası), *Ünite*, *Bölüm* veya *Anahtar* olabilir. Burada dikkat edilmesi gereken nokta aynı anahtar ismine sahip olan tüm kayıtlar silinmesidir. Alan ifadesi seçildikten sonra o alana ait değeri girilir ve *Kayıtları Sil* butonu tıklanır. Bu şekilde istenilen kayıtlar silinir.

Sınav düzenleme sayfasında bulunan *Sınav* seçeneği ise, yapılacak sınavın son haline yönetici tarafından bakılması içindir. Sınav düzenleme sayfasındaki son seçenek *Sonuçlar* sayfasıdır (Şekil.4.83). Bu sayfada, sınava giren öğrencilerin sınav sorularına vermiş oldukları cevaplara göre doğru sayıları, yanlış sayıları, boş bırakılan soruların sayıları ve sınavdan aldıkları not sonuçları görüntülenir (Şekil 4.94).

NUMARASI	ADI-SOYADI	DOĞRU SAYISI	YANLIŞ SAYISI	BOŞ	NOTU
05531001	Resul TANYILDIZI	20	0	0	100
05531002	Sevinç AY	15	3	2	75
05531003	Ayşe Gül	18	2	0	90
05531004	Rabia	18	1	1	90
05531005	Mehmet	10	5	5	50
..	..	0	0		0

TÜM SONUÇLARI SİLMEK İSTER MİSİNİZ?

Şekil 4.94. Sınava katılan öğrencilere ait sonuç sayfası görünümü

Şekil 4.94’ te görülen sayfadaki sınav sonuçları silinebilir. Bunun için *Sil* butonunu tıklamak yeterlidir.

Şekil 4.79’da verilen *Uygulamada Kalma Süreleri* bağlantısı tıklanırsa, kayıtlı öğrencilerin sanal laboratuvar ortamını oluşturan sayılarda ne kadar kaldıkları hakkında bilgi sahibi olunur (Şekil 4.95). Bu şekilde öğrencilerin gerçekten Sanal Elektrik Makinaları Laboratuvar sayfalarını ne kadar verimli kullanıp kullanmadıkları ortaya çıkacaktır.

[Tüm Kayıtlar](#)

Adına Göre Diz

Sırala

Ara

KAYITLAR

İd:484

Adınız : Resul Soyadınız :TANYILDIZI

Kullanıcı Adı :nrt Şifre :rt

Sayfa	Süre
DC-AC Evirici:	0,88 dk
AC-DC Doğrultucu:	21,9 dk
Fırçasız Doğru Akım Motoru:	0,83 dk
SM Yüksüz ve Kısa Devre Deneyi:	36,4 dk
SM Uygulaması:	6,25 dk
ASM Yüksüz ve Kısa Devre Deneyi:	2,21 dk
ASM Sabit Durum Performans Karakteristikleri:	36,6 dk
ASM Uygulaması:	26,2 dk
Ziyaretçi Defteri:	0,58 dk
Tartışma- Forum:	0,16 dk
Yardım:	0,21 dk

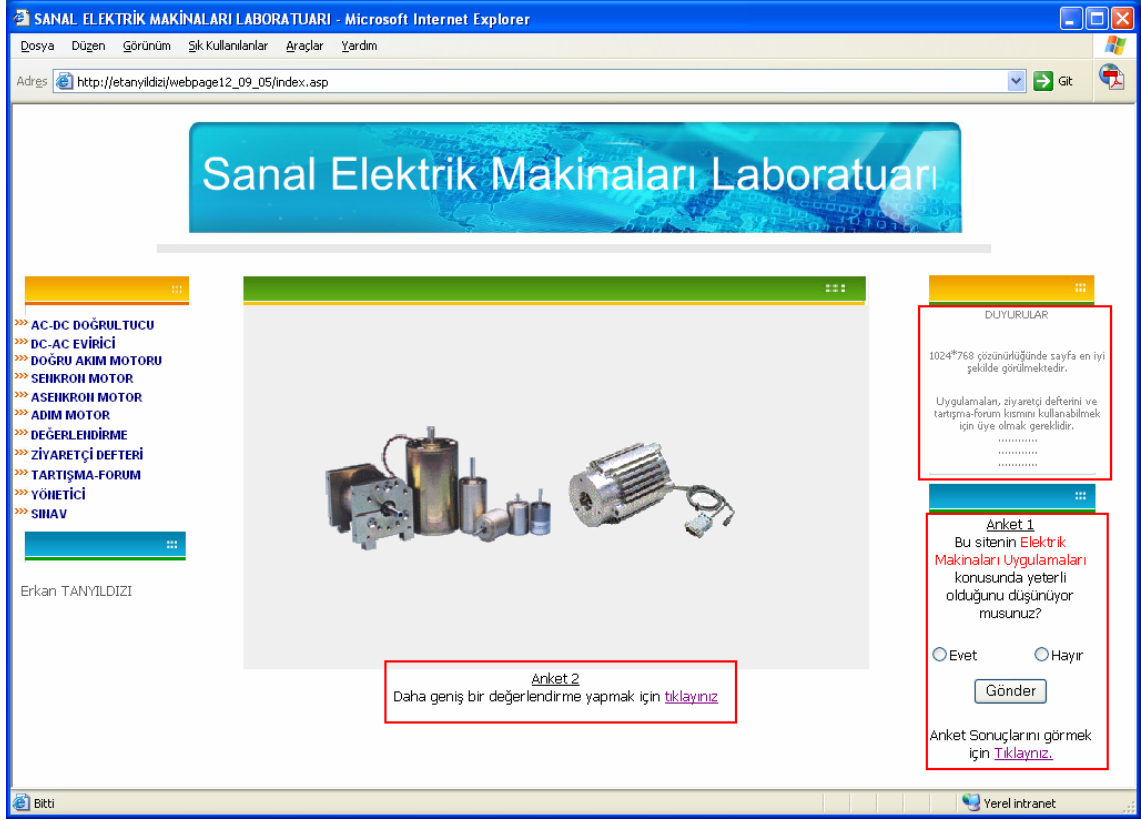
[Sil](#)

Şekil 4.95. Sanal ortamı oluşturan sayfalarda kullanıcıların kalma sürelerini gösteren sayfanın görünümü

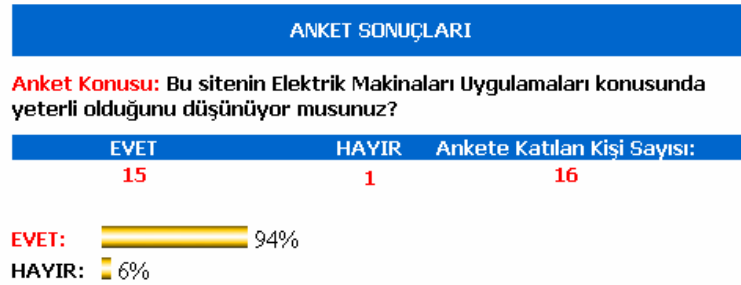
Şekil 4.95’ te görüldüğü gibi uygulamada kalma süreleri sayfasında kayıtlı kullanıcıların adı, soyadı, kullanıcı adı, şifresi, gezindikleri sayfalar ve bu sayfalarda geçirdikleri zaman verilmektedir. Bu sayfada kayıtların tamamı görüleceği gibi sadece belirli kullanıcılar arama yoluyla gösterilebilir. Ayrıca kayıtlar isme ve kayıt numaralarına göre sıralanabilir.

4.7. Duyurular-Anketler

Sanal laboratuvar sayfasında, öğrencilere bilgi veya onları ilgilendirecek haberler verebilmek için duyurular kısmı bulunmaktadır. Ayrıca sayfa içerisinde iki anket bulunmaktadır (Şekil 4.96). *Anket_1* sayesinde sayfanın yeterli olup olmadığı konusunda basit bir fikir edinilebilmektedir. Anketin işlevselliği amacıyla her kullanıcı sadece bir defa oy kullanabilmektedir. *Anket_1* sonuçlarını görmek için anketin altında bulunan bağlantıyı tıklamak yeterlidir (Şekil 4.97).



Şekil 4.96. Sayfada bulunan Duyurular ve Anketlerin görünümü



Şekil 4.97. Anket_1 sonuçlarının görünümü

Sayfa içerisindeki *Anket_2* kısmında ise bu dersi alan öğrencilerin sanal laboratuvar sayfasını kullandıktan sonra, sayfa hakkında öğrenci değerlendirmesini almak için oluşturulmuştur. Bu değerlendirmeler sayfanın verimliliği açısından çok önemlidir. Öğrencilerden alınan geri bildirimler sayesinde en iyiye ulaşmaya çalışılmaktadır. *Anket_2* kısmı tıklandığında Şekil 4.98'deki görüntü ekrana gelir.

Sanal Laboratuvar Değerlendirme Anketi - Microsoft Internet Explorer

Dosya Düzen Görünüm Sık Kullanılanlar Araçlar Yardım

WEB TABANLI SANAL LABORATUAR UYGULAMALARI HAKKINDAKİ ÖĞRENCİ GÖRÜŞLERİ ANKETİ

Sevgili Arkadaşlar, 2004-2005 Öğretim Yılı Güz Döneminde Elektrik Makinaları Laboratuvar dersini web üzerinden sanal laboratuvar ortamında öğrendiklerinizi uyguladınız. Bu nedenle sizlerin sanal laboratuvar ortamı hakkındaki görüşlerinizi almak istiyoruz. Anketteki sorularımıza içtenlikle cevap vereceğinizi umuyor ve katılımınız için teşekkür ediyorum.

Lütfen isminizi giriniz (Ad- Soyad):

Yaş :

Erkek : ☐

Kız : ☐

Daha önce böyle bir Sanal Laboratuvar ortamı kullandınız mı?: Evet ☐ Hayır ☐

AÇIKLAMA: Lütfen aşağıdaki ifadeler hakkındaki görüşlerinizi uygun kutuları işaretleyerek belirtiniz.

Tamamen Katılıyorum	Katılıyorum	Kısmen Katılıyorum	Katılmıyorum	Tamamen Katılmıyorum
5	4	3	2	1

1- Böyle bir uygulamaya tekrar katılmak istemem.

☐ 5 ☐ 4 ☐ 3 ☐ 2 ☐ 1

Bitti

Yerel intranet

Şekil 4.98. Anket_2 sayfasının görünümü

Anket_2 doldurulduktan sonra sayfanın alt kısmında bulunan *Sorguyu Gönder* butonu tıklanarak anket değerlendirilmesi e_mail yoluyla sorumlu eğitime gönderilir. İstenirse *Temizle* butonu sayesinde anket üzerinde yapılan işaretlemler silinip tekrar doldurulabilir.

Oluşturulan bu ortam için başka düşüncelerinizi ilave edebilirsiniz (zorunlu değil). Düşünceleriniz:

İletişim Adresiniz (e-mail adresi veya diğer):

Bu araştırma Erkan TANYILDIZI ve Ahmet ORHAN tarafından idare edilir. Katıldığınız için teşekkürler.

Şekil 4.99. Anket_2 sayfasının görünümü (devam)

5. WEB TABANLI SANAL LABORATUARIN ÖĞRENME ÜZERİNE ETKİSİ

5.1. Giriş

Oluşturulan sanal laboratuvar ortamı, Elektrik Makinaları Laboratuvar dersini yeni alan toplam 73 öğrenciye uygulanmıştır. Öğrenciler iki gruba ayrılmışlardır. Birinci grup kontrol grubu olarak isimlendirilmiş ve bu grup, deneyleri; sadece laboratuvar ortamında, ikinci grup ise deney grubu olarak isimlendirilmiş ve bu grup deneyleri önce sanal laboratuvar ortamında daha sonra gerçek laboratuvar ortamında gerçekleştirmişlerdir. Çalışmalar üç adımı içermektedir. İlk adımda deney ve kontrol grubunun ön testleri, ikinci adımda deney ve kontrol grubunun son testleri yapılmış, son adımda ise sanal laboratuvara ilişkin görüş ve önerilerin belirlendiği tutum ölçeği anketi ortaya konmuştur.

5.2. Başarı Testi

Araştırmada, bir yarıyıllık ders olan “Elektrik Makinaları Laboratuvarı” dersi konularına uygun olarak bir “başarı testi” hazırlanmıştır. Başarı testi, öğrencilerin hem programa başlamadan önce giriş düzeylerini belirlemek için öntest hem de programı tamamladıktan sonra kazandıkları davranışları ölçmek amacıyla sontest olarak kullanılmıştır.

Başarı testi, kapsam geçerliğini belirlemek amacıyla, dersi yürüten uzman kişilerin görüşlerine sunulmuş ve gelen öneri ile eleştiriler doğrultusunda hazırlanmıştır. Hazırlanan başarı testi, belirlenen deney ve kontrol grubuna uygulanmadan önce geçerlik ve güvenirlik analizlerinin yapılabilmesi için önceden belirlenen ve 55 kişiden oluşan başka bir öğrenci grubuna uygulanmıştır. Belirlenen öğrenci grubu, bir önceki yıl “Elektrik Makinaları Teorisi I-II ve Elektrik Makinaları Laboratuvar” dersini alan ve laboratuvar deneylerini yapmış olan öğrencilerdir.

Testteki soruların hepsi de çoktan seçmeli sorulardan oluşmaktadır. Başarı testinde bulunan soruların puan değerleri, her soru için bir puan olarak belirlenmiştir. Yapılan uygulama sonucunda, test maddelerine ilişkin gerekli analizler yapılmıştır. Madde analizi sonucu her bir maddenin güçlüğü hesaplanmıştır. Tablo 5.1’de madde analizine ilişkin veriler görülmektedir.

Tablo 5.1. Başarı Testini Oluşturan Maddelerin Güçlük İndisleri (P)

Madde No	P	Madde No	P	Madde No	P
1	0.95	11	0.72	21	0.82
2	0.72	12	0.93	22	0.49
3	0.43	13	0.51	23	0.64
4	0.74	14	0.56	24	0.81
5	0.87	15	0.61	25	0.60
6	0.44	16	0.51	26	0.55
7	0.46	17	0.78	27	0.55
8	0.67	18	0.38	28	0.55
9	0.50	19	0.53	29	0.67
10	0.75	20	0.52	30	0.51

Madde güçlükleri 0.38 ile 0.95 arasında değişmektedir. Buna göre testte kolay ve güç maddelerin yer aldığı söylenebilir. Testin ortalama güçlüğü ise 0.60 olarak bulunmuştur. İdeal ortalama test güçlüğü 0.50 olduğu dikkate alındığında, testin orta güçlükte -istenilen ortalama güçlük derecesine sahip- bir test olduğu söylenebilir. Testin güvenilirliği ise KR-20 formülüne göre yapılarak, güvenilirlik katsayısı 0.71 olarak bulunmuştur. Bütün bu sonuçlar dikkate alındığında, başarı testinin güvenilir olduğu söylenebilir. Başarı testi ile ilgili yapılan istatistiksel işlemler ve elde edilen veriler Tablo 5.2’de verilmiştir.

Tablo 5.2. Başarı Testi Analiz Sonuçları

n Sayı	$\bar{X}$ Art.Ortalama	S St.Sapma	R Dizi Genişliği	Ortanca (Medyan)	Mod	P Ort.Güç.
73	18.11	4.50	18.00	18.00	16.00	0.60

Tablo 5.2’de görüldüğü gibi ortanca ile ortalama arasındaki fark da azdır. Bu durum test puanlarının, normal dağılım içinde olduğunun bir göstergesi olarak kabul edilebilir. Bütün başarı testine yönelik elde edilen verilerin sonucu olarak testin geçerli ve güvenilir bir test olduğu söylenebilir.

5.2. Başarı Testi İle İlgili Denencelere İlişkin Bulgular ve Yorumlar

Deney ve kontrol gruplarına, “başarı testi” öntest ve sontest olmak üzere, iki kez uygulanmıştır. Gerekli istatistiksel işlemler, ilgili denenceler doğrultusunda, öğrencilerin aldıkları puanlar üzerinde yapılmıştır. Başarı testi ile ilgili, denencelere ilişkin bulgular ve yorumlar, aşağıda verilmiştir.

Denence 1: Sanal Laboratuvar Ortamı çevreleri içerisinde yer alan, deney grubunun başarı testinin tümünden aldığı, öntest ve sontest puanları arasında anlamlı bir farklılık yoktur.

Deney grubunun başarı testinin tümünden aldığı, öntest ve sontest puanları arasında anlamlı bir farklılık olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan eşli gruplar t-testi sonuçları, Tablo 5.3'te sunulmuştur.

Tablo 5.3. Deney Grubunun Başarı Testi Öntest-Sontest Puanlarına İlişkin Eşli Gruplar t-Testi Sonuçları

Deney	Sayı (n)	Aritmetik Ortalama ($\bar{X}$)	Standart Sapma (S)	Serbestlik Derecesi (sd)	t-değeri	P(Anlamlılık düzeyi)
Öntest	40	15.20	4,01	39	-11.58*	0.000
Sontest	40	24.28	4.25			

(P>0.05 anlamlı)

Tablo 5.3'te görüldüğü gibi, deney grubunun başarı testinin tümünden aldığı öntest ve sontest puanları arasında $P<0.05$ düzeyinde anlamlı bir farklılık olduğu belirlenmiştir. Deney grubunun öntest aritmetik ortalaması 15.20, sontest aritmetik ortalaması ise, 24.28 olarak gerçekleşmiştir. Bu sonuca göre, deney grubunun öntest ve sontest puanları arasında anlamlı bir farklılık olmadığı yönündeki istatistiksel denence red edilmiştir.

Denence 2: Geleneksel yöntemin uygulandığı kontrol grubunun başarı testinin tümünden aldığı öntest ve sontest puanları arasında anlamlı bir farklılık yoktur.

Kontrol grubunun başarı testinin tümünden aldığı öntest ve sontest puanları arasında anlamlı bir farklılık olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan eşli gruplar t-testi sonuçları, Tablo 5.4'te sunulmuştur.

Tablo 5.4. Kontrol Grubunun Başarı Testi Öntest-Sontest Puanlarına İlişkin Eşli Gruplar t-Testi Sonuçları

Kontrol	Sayı (n)	Aritmetik Ortalama ($\bar{X}$)	Standart Sapma (S)	Serbestlik Derecesi (sd=n-1)	t-değeri	P(Anlamlılık düzeyi)
Öntest	33	14.82	3.48	32	-8.98*	0.000
Sontest	33	21.00	3.51			

(P>0.05 anlamlı)

Tablo 5.4'e göre kontrol grubunun başarı testinin tümünden aldığı öntest ve sontest puanları arasında, $P < 0.05$ düzeyinde, anlamlı bir farklılık olduğu belirlenmiştir. Bu sonuca göre ikinci denence red edilmiştir.

İlk iki istatistiksel denencenin ilgili sonuçlarına göre hem sanal laboratuvar ortamı hem de geleneksel öğrenme çevrelerinin öğrenci başarısı üzerinde etkili olduğu söylenebilir.

Denence 3: Sanal Laboratuvar Ortamı çevreleri içerisinde yer alan deney ve geleneksel yöntemin uygulandığı kontrol grubunun başarı testinin tümünden aldığı, öntest puanları arasında anlamlı bir farklılık yoktur.

Deney ve kontrol gruplarının başarı testinin tümünden aldıkları öntest puanları arasında anlamlı bir farklılık olup olmadığı bağımsız gruplar t-testi sonuçları ile belirlenmiştir. Buna ilişkin veriler Tablo 5.5'te sunulmuştur.

Tablo 5.5. Deney ve Kontrol Gruplarının Başarı Testi Öntest Puanlarına İlişkin Bağımsız Gruplar t-Testi Sonuçları

Gruplar	Sayı (n)	Aritmetik Ortalama ($\bar{X}$)	Standart Sapma (S)	Serbestlik Derecesi (sd)	t-değeri	P(Anlamlılık düzeyi)
Deney	40	15.20	4.01	71	-0.43	0.67
Kontrol	33	14.82	3.48			

($P > 0.05$ anlamlı)

Tablo 5.5'te görüldüğü gibi deney ve kontrol gruplarının başarı testinin tümünden aldığı öntest puanları arasında $P < 0.05$ düzeyinde anlamlı bir farklılık yoktur.

Denence 4: Sanal Laboratuvar Ortamı çevreleri içerisinde yer alan deney ve geleneksel yöntemin uygulandığı kontrol grubunun başarı testinin tümünden aldığı, sontest puanları arasında anlamlı bir farklılık yoktur.

Deney ve kontrol gruplarının başarı testinin tümünden aldıkları sontest puanları arasında anlamlı bir farklılık olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan bağımsız gruplar t-testi sonuçları, Tablo 5.6'da sunulmuştur.

Tablo 5.6. Deney ve Kontrol Gruplarının Başarı Testi Sontest Puanlarına İlişkin Bağımsız Gruplar t-Testi Sonuçları

Gruplar	Sayı (n)	Aritmetik Ortalama ($\bar{X}$)	Standart Sapma (S)	Serbestlik Derecesi (sd)	t-değeri	P(Anlamlılık düzeyi)
Deney	40	24.28	4.25	71	-3.541	0.001
Kontrol	33	21.00	3.51			

(P>0.05 anlamlı)

Tablo 5.6'ya göre deney ve kontrol gruplarının başarı testinin tümünden aldığı sontest puanları arasında P<0.05 düzeyinde, anlamlı bir farklılık olduğu belirlenmiştir. Bu sonuca göre dördüncü denence red edilmiştir. Bu sonuç, deney ve kontrol grubunun, sontest puanları açısından birbirlerinden farklılaştıklarını göstermektedir.

Denence 5: Sanal Laboratuar Ortamı çevreleri içerisinde yer alan deney ve geleneksel yöntemin uygulandığı kontrol grubunun erişim puanları ortalamaları açısından, aralarında, anlamlı bir farklılık yoktur.

Beşinci denence de, gruplar arasındaki sontest puanları açısından yapılan karşılaştırma sonucu, deney grubu lehine anlamlı bir farklılık bulunmuş, bunun, farklı öğrenme çevrelerinden kaynaklandığı belirlenmiştir. Ancak, bir çevrenin etkililiğinin sınanmasında, erişim puanlarının, kişinin ulaştığı başarı düzeyini yansıtmaması açısından, daha ayırıcı sonuçlar verdiği söylenebilir. Her iki gruptaki öğrencilerin, sontest puanlarından öntest puanları çıkarılarak, “erişim puanları” bulunmuştur. Buna göre, gruptaki öğrencilerin, erişim puanları ortalamaları arasında, anlamlı bir farklılık olup olmadığı, bağımsız gruplar t-testi ile sınanmıştır. Bu teste ilişkin veriler, Tablo 5.7’de verilmiştir.

Tablo 5.7. Deney ve Kontrol Gruplarının Erişim Puanı Ortalamalarına İlişkin Bağımsız Gruplar t-Testi Sonuçları

Gruplar	Sayı (n)	Aritmetik Ortalama ($\bar{X}$)	Standart Sapma (S)	Serbestlik Derecesi (sd)	t-değeri	P(Anlamlılık düzeyi)
Deney	40	9.07	4.96	71	-2.71	0.008
Kontrol	33	6.18	3.96			

(P>0.05 anlamlı)

Elde edilen veriler incelendiğinde, grupların, erişim puanları aritmetik ortalamaları karşılaştırıldığı zaman, aralarında, deney grubunun lehine, belirgin bir farklılığın olduğu görülmektedir.

Denence 6: Deney grubunun, tutum ölçeği öntest-son test puanları arasında anlamlı bir farklılık yoktur.

Kullanılan tutum ölçeği, tutum ölçmekte yaygın olarak kullanılan, likert tipi bir ölçektir. Bilindiği gibi, likert ölçeğinde iki durum vardır. Bunlardan birincisi, tutum konusuna karşı olumlu bir tutumun var olduğu istenen durum, diğeri ise, konuya karşı olumsuz tutumu yansıtan istenmeyen durumdur. Likert ölçeğinde, her iki durum da eşit olarak puanlanmaktadır [68]. Buna göre, beşli ölçek oluşturulmuştur. Olumlu maddelerde 5=Kesinlikle Katılıyorum, 4=Katılıyorum, 3=Kararsızım, 2=Katılmıyorum, 1=Kesinlikle Katılmıyorum şeklinde cevap seçenekleri oluşturulurken, olumsuz maddelerde, tam tersi şekilde “Kesinlikle Katılmıyorum” seçeneğine 5 puan verilir ve diğer seçeneklerde buna göre düzenlenir.

Deney grubunun, tutum ölçeğinin tümünden aldığı öntest ve sontest puanları arasında, anlamlı bir farklılık olup olmadığını belirlemek amacıyla eşli gruplar t-testi uygulanmıştır. Eşli gruplar t testi sonuçları Tablo 5.8’de görülmektedir.

Tablo 5.8. Deney Grubunun Tutum Ölçeği Öntest-Sontest Puanlarına İlişkin Eşli Gruplar t-Testi Sonuçları

Deney	Sayı (n)	Aritmetik Ortalama ($\bar{X}$)	Standart Sapma (S)	Serbestlik Derecesi (sd)	t-değeri	P(Anlamlılık düzeyi)
Öntest	40	134.50	28.20	39	-3.459	0.001
Sontest	40	150.08	21.16			

(P>0.05 anlamlı)

Tablo 5.8’de görüldüğü gibi, deney grubunun tutum ölçeğinin tümünden aldığı öntest ve sontest puanları arasında P<0.05 düzeyinde anlamlı bir farklılık olduğu belirlenmiştir. Bu durum, deney grubunun, sanal laboratuvar ortamına yönelik olumlu tutumlara sahip olması ile açıklanabilir.

Deney grubunun, sanal laboratuvar ortamına dayalı sanal öğrenme çevreleri hakkında sahip oldukları görüşleri daha iyi analiz edebilmek için, maddelerin aritmetik ortalamalarını incelemekte yarar vardır. Çünkü, maddelerin aritmetik ortalamaları ayrı ayrı ele alındığında, deney grubunun sahip oldukları görüşleri daha iyi ortaya konulabilmektedir. Maddelerin aritmetik ortalamalarına ilişkin veriler Tablo 5.9’da verilmiştir.

Tablo 5. 9. Tutum Ölçeğine İlişkin Grupların Aritmetik Ortalamaları

Değerlendirme Ölçütleri ve Çalışma Soruları			
		Öntest	Sontest
Madde No		$\bar{X}$	$\bar{X}$
1	Bireylerin kendine olan saygısı ve öz güveni artmaktadır.	3.50	3.90
2	Öğretimsel hedeflerin esnek ve karşılıklı olarak belirlenebilmesi, öğrenmenin niteliğini artırmaktadır.	3.68	4.15
3	Öğrenmenin her yer ve zamanda gerçekleştirilebilmesi, öğrencilerin verimliliğini artırmaktadır.	3.83	3.90
4	Öğrenciler, farklı öğrenme stratejileri ve kaynaklarını kullanma olanağına sahip olmaktadır.	3.53	4.05
5	Öğrencilerin öğrenmeye ilgisi daha fazladır.	3.30	3.80
6	Öğrenciler, kendi ilgilerine yönelik proje seçme ve çalışma olanağına sahiptir.	3.18	3.68
7	Öğrenciler, diğer bireylerin öğrenmesine yüksek düzeyde katkıda bulunmaktadır.	2.83	3.15
8	Öğrenciler, öğrendiklerini daha fazla paylaşma olanağına sahiptir.	3.33	3.70
9	Diğer web tabanlı kaynaklara erişim sağlanması, öğrenmeyi daha da zenginleştirmiştir.	4.00	4.15
10	Çevrimiçi sohbetler, kurs materyallerine asenkron erişim, kursun niteliğini yükseltmiştir.	3.05	3.80
11	Neyi nasıl öğreneceğime ilişkin kararları kendim verdim.	3.35	3.75
12	Diğer bireylerin düşüncelerini dikkate almayı öğrendim.	3.38	3.20
13	Ortaklaşa çalışmaya dayalı bir ortam, öğrenmeyi daha kolay ve kalıcı bir hale getirmektedir.	3.75	3.90
14	Öğretimden daha çok, öğrencinin öğrenmesi ön plana çıkmakta ve ağırlık kazanmaktadır.	3.40	3.98
15	Farklı öğrenme yöntem ve teknikleri bir arada kullanılabilir.	3.40	3.98
16	Birey, kendi bilgisini kendisi oluşturabilme olanağına sahip olmaktadır.	3.40	3.83
17	Bilgisayar ortamı ile iletişim teknolojileri (e-posta vb.), bilgi paylaşımını ve bilgiye erişimi kolaylaştırmaktadır.	3.80	4.28
18	Çevrimiçi öğrenme topluluğu anlayışı, etkili takım çalışması becerileri kazandırmaktadır.	3.05	3.83
19	Çevrimiçi öğrenme topluluğu anlayış ve uygulaması, bireylerin birlikte düşünebilme becerisini geliştirmektedir.	3.15	3.65
* 20	Sanal laboratuvar ortamı, öğrenme açısından beklentilerime uygun değildir.	3.53	3.68
* 21	Sanal laboratuvar ortamında gerçekleştirilen çevrimiçi etkinlik, tartışma ve sunum materyalleri etkili değildir.	3.20	3.63

Tablo 5. 9. Tutum Ölçeğine İlişkin Grupların Aritmetik Ortalamaları (devam)

Değerlendirme Ölçütleri ve Çalışma Soruları			
Madde No		Öntest	Sontest
		$\bar{X}$	$\bar{X}$
22	Geleneksel çevrelerden daha çok sanal laboratuvar ortamında sunulacak olan kurslara katılmak isterim.	3.28	3.53
23	Bilgiye erişimi ve bilgiyi kullanmayı kolaylaştırmaktadır.	3.45	4.23
24	Sanal laboratuvar ortamı yaygınlaştırılarak, öğrenme-öğretme ortamlarına kazandırılmalıdır.	3.78	4.15
25	Sanal laboratuvar ortamında kullanılan teknolojik olanakların, öğrenme-öğretmeye etkisi ve katkısı oldukça yüksektir.	3.73	4.10
26	Öğretmen performansından daha çok, öğrenci performansına önem verilmektedir.	3.65	3.90
27	Öğretmen ve öğrencilerin, bilgisayar ortamı ile iletişim teknolojilerini kullanma yeterliliğinin az olması, sanal öğrenme çevrelerini olumsuz yönde etkilemektedir.	3.33	4.15
*28	Çevrimiçi ortamlarda Türkçe kaynakların yetersiz olması, bilgiye erişimi zorlaştırmaktadır.	3.50	3.60
29	Bilgisayar aracılığıyla iletişimde bulunma, sinir bozucu ve engelleyicidir.	3.58	3.90
30	Çevrimiçi ortamın ilginç ve heyecan verici olması, sanal öğrenme çevrelerinde öğrenmeyi daha zevkli bir hale getirmektedir.	3.55	3.93
31	Çevrimiçi öğrenme topluluğu anlayışı çerçevesinde, farklı birey ve gruplarla iletişim ve etkileşim daha fazla gerçekleşmektedir.	3.15	4.00
*32	Sanal laboratuvar ortamının kullanımı karmaşık ve zordur.	3.15	3.50
33	Sanal laboratuvar ortamında gerçekleştirilen öğrenme-öğretme etkinliklerinden çok hoşlandım.	3.20	3.73
34	Sanal laboratuvar ortamında olgu, olay ve kavramların farklı anlama biçimlerine sahip olduğunu kavradım.	3.33	3.93
35	Öğrenmede, bireysel sorumluluğu geliştirmekte ve karşılıklı dayanışmayı sağlamaktadır.	3.13	3.75
*36	Bilgisayar ortamı ile iletişime dayalı mesajlar, bireyler arası iletişimi zorlaştırmaktadır.	3.08	3.30
*37	Bilgisayar ortamı ile iletişime dayalı mesajlar, gruplar arası iletişimi zorlaştırmaktadır.	3.28	3.28
*38	Bilgisayar ortamı ile iletişim, sosyal bir iletişim biçimi değildir.	2.95	3.30
39	Çevrimiçi öğrenme topluluğu, sanal ortamların sosyal olma özelliğini artırmaktadır.	3.18	3.35
*40	Çevrimiçi öğrenme topluluğu, bireylere grup kimliği kazandıramamaktadır.	2.65	3.63
*Olumsuz madde oldukları için “Kesinlikle Katılmıyorum=5 puan”dan başlamak üzere puanlanmıştır.			

Bu maddelere ilişkin elde edilen bulgular göstermektedir ki, tutum ölçeğindeki bütün maddelerin ayrı ayrı aritmetik ortalamaları olumlu yönde artmıştır.

Sonuç olarak, kontrol ve deney gruplarının yapmış oldukları grup deneyleri sonucunda, deneysel grubun başarısı kontrol grubunun başarısından daha yüksek çıkmıştır ve bu fark çok önemlidir. Ayrıca, Sanal laboratuvar ortamını kullanan deney grubunun öğrenme etkinliği, geleneksel eğitim alan kontrol grubunun öğrenme etkinliğinden daha iyi olduğu görülmüştür.

6-SONUÇ

Bu çalışmada; özellikle Elektrik Mühendisliği veya yapısında Elektrik Makinaları Laboratuvarı bulunan bölümlerdeki öğrencilerin, gerçek laboratuvar ortamını sanal ortamda yaşayabilecekleri, internet erişimli bir sanal laboratuvar ortamı gerçekleştirilmiştir. Oluşturulan sanal ortam, Elektrik Mühendisliği öğrencilerinin alternatif laboratuvar dersi için etkili bir araç olacak şekilde de kullanılabilir.

Bu sanal laboratuvar ortamı, C++ Builder, HTML ve ASP ortamlarında hazırlanmış olup, esnek ve kullanımı kolay grafiksel bir ara yüze sahiptir. Sanal ortamda yapılan uygulamaların parametreleri değiştirilerek farklı sonuçlar elde edilebilmektedir. Sunulan sanal laboratuvar ortamı öğrencilere yardımcı olacak şekilde benzetimleri kullanmakta, kavramları görselleştirmekte ve uygulama işlemi boyunca anlık grafiksel geri besleme sağlamaktadır.

Gerçekleştirilen sanal laboratuvar ortamı, 73 kişilik bir öğrenci grubu üzerinde denenmiş, elde edilen sonuçlardan hem sanal hem de gerçek laboratuvar ortamında deney yapan öğrencilerin başarı oranlarının, diğer öğrencilere göre arttığı gözlemlenmiştir. Yapılan anket çalışmalarından da bu sonuca ulaşılabilmektedir. Sanal laboratuvar ortamı sayesinde öğrencilerin ders dışında da bir birleriyle iletişimde bulundukları ve buna bağlı olarak bilgi paylaşımının arttığı görülmüştür.

Özellikle dönen makine grubuyla ilk kez karşılaşacak öğrencilerin öncelikle sanal ortamda hareketli bölümleri olan makinaların bağlantılarını yapmaları ve makinayı önceden görerek deneyi sanal ortamda yapmaları, öğrencilerin deney esnasında öz güvenlerini oldukça arttırmıştır. Ayrıca öğrenciler, yapacakları deney öncesinde tüm çalışmayı sanal ortamda gerçekleştirmiş; dolayısıyla pratik deney ortamına geçtiklerinde karşılaşabilecekleri zorlukları önceden yenmiş olarak deneye başlamışlardır. Böylece, daha önce sanal ortamda deneyi yapan öğrencilerin;

- Teorik olarak önceden verilen bilgileri pekiştirdikleri,
- Deneyin amacını daha iyi anladıkları,
- Deney aşamalarını çabuk kavradıkları,
- Gerçek ortamda deneyi daha rahat ve kısa sürede bitirdikleri,
- Gerçek ortamda hala anlaşılmayan kısımların, sanal ortamda tekrar edilerek kalıcı bir şekilde öğrendikleri,

görülmüştür.

Bu çalışmanın literatüre kazandırdığı en büyük etkilerden biri diğer programların önceden detaylarının bilinme zorunluluğunu ortadan kaldırmıştır. Bu sayede öğrenciler, bu programların fonksiyon ve metotlarını öğrenmek için harcadıkları zamanı tamamen konunun

asıl amacına ulaşmak için kullanabileceklerdir. Ayrıca literatürde sanal olarak yapılmayan veya diğer programlama dillerinde hazır olarak bulunmayan doyum modeli bu çalışmada gerçekleştirilmiştir. Diğer önemli bir etkisi ise uzaktan erişim sayesinde öğrencilerin bulundukları ortamdan internet aracılığı ile bağlanarak deneyleri yapabilmeleri ve teorik konuları pekiştirebilmeleridir. Bu şekilde öğrenciler sürekli tekrar ve alıştırmaya olanağına sahip olmuşlardır.

Elektrik makinaları laboratuvarında yapılan diğer deneylerin de gerçekleştirilerek lisans ve lisansüstü öğrencilerinin eğitimlerine katkı sağlaması bundan sonraki çalışmaların ana hedefi olacaktır.

KAYNAKLAR

1. Erkan, E., Altun, H., 2003, Java ve WEB Tabanlı Uzaktan Eğitim: e-Eğitim için Sanal Sınıf ve Sanal Laboratuvar Projesi, Elektrik-Elektronik-Bilgisayar Mühendislikleri Eğitimi 1. Ulusal Sempozyumu, EEBM2003.
2. Ko,C.C, Chen, B.M, Ramakrishnan, V., Chen, R., Hu, S.Y., and Zhuang, Y., 2000, A large-Scale Web-Based Virtual Oscilloscope Laboratory Experiment, Engineering Science And Education Journal, 76-77.
3. Yu, Q., Chen, B. and Cheng, H.H, 2004, Web-Based Control System Design and Analysis, IEEE Control System Magazine, 45-57.
4. Poindexter, S.E., Heck, B.S., 1999, Using the Web in your courses: What can you do? What should you do?, IEEE Contr. Syst. Mag. 19, 83-92.
5. Colace, F., De Santo,M., Pietrosanto, A., 2004, Work in Progress - Virtual Lab for Electronic Engineering Curricula, 34th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference, 22-24.
6. Tyml, P., Slepika, D., Roztocil, J., 2004, Virtual measurement system for distance education and training, Instrumentation and Measurement Technology Conference, IEEE, 2,1269–1271.
7. Martin,J. F., Chiang, L., 2002, Low cost vision system for an educational platform in artificial intelligence and robotics, Comput Appl Eng Educ 10, 238-248.
8. Ubell, R., 2000, Engineerin turn to e-learning, IEEE Spectrum, 37(10), 59-61.
9. Avouris, N.M., Tselios, N., Tatakis, E.C., 2001, Development and evaluation of a computer-based laboratory teaching tool, Comput Appl Eng Educ 9, 8-19.
10. Angelidis, V.G., 1997, Incorporating Instructional Feedback in Elec. Eng. Laboratory Experiments -An Example, IEEE Trans. on Education, 40(1), 111-114.

11. Daniels, M., Shaffer R. A., 1998, Re-Inventing the Electrical Machines curriculum, IEEE Transactions on education 41, No. 2, 92-100.
12. Nehrir, M.H, Fatehi F., Gerez V., 1995, Computer modeling for enhancing instruction of electric machinery, IEEE Transactions on education, 38, No. 2, 166-170.
13. Benbouzid, M.E.H., Capolino G.A., 1996, Project-Oriented Power Engineering Laboratory, IEEE Transactions on Power Systems, 11, No 4, 1663-1669.
14. Kyranastassis, G.J., 1996, NEAPOLIS: A Special Tool for Electrical Power Engineering Education, Proc. 31st Univ. Power Engineering Conf., Iraklio, 642-645.
15. Sebastien, R.Y., Mohammed O.A., 1998, Real-time Electromagnetic Field Analysis System for the Energy Conversion Laboratory, Proceedings of the 1998 IEEE SoutheastCon Conference, Orlando (USA), 208-211.
16. Hernandez, O.M., De La Rosa, A. R., Baez-Lopez, D., Alejos, Enriquez, R. E., 1999, Power Lab: A tool to learn electrical machines and power electronics, Computer Applications in Engineering Education, 7(4), 213-220.
17. Swamy, N., Kuljaca, O., Lewis, F.L. , 2002 ,Internet-Based Educational Control Systems Lab Using NetMeeting, IEEE Transactions on Education, 45(2), 145-151.
18. Schmid, C. and Ali, A., 2000, A web-based system for control engineering education, in Proc. ACC'00, Chicago, IL, 3463–3467.
19. Iskander, M. F., 2002, Technology-based electromagnetic education, IEEE-Trans Microw Theory Tech 50, 1500-1505.
20. Gonzalez, E. J., Hamilton, A., Moreno, L., Aguilar, R. M., Marichal, R. L., 2003, Neural networks teaching using Evenet-2000, Comput Appl Eng Educ 11,1-5.
21. Gokdere, L.U., Brice, C.W., Dougal, R.A., 1999, Graphical and visual simulation of electric drive systems, Electric Machines and Drives, International Conference IEMD '99, 685 – 687.

22. Gokbulut, M., Bal, C., Dandil,B., 2006, A Virtual Electrical Drive Control Laboratory: Neuro-Fuzzy Control of Induction Motors, Comput Appl Eng Educ 14, 211-221.
23. Gokbulut, M. and Tekin, A., 2006, An educational tool for neural network control of brushless DC motors, Int J Eng Educ 22, 197-204.
24. Akcayol, M. A., Yigit, T., 2004, A Computer-Based Educational Tool for Pulse Width Modulator for Static Converters, Comput Appl Eng Educ, 12, 215 – 223.
25. Akcayol, M. A., Elmas, C., Erdem, O. A. and Kurt, M., 2004, An educational tool for fuzzy logic controller and classical controllers, Comput Appl Eng Educ 12, 126-135.
26. Akcayol, M. A., Cetin ,A., Elmas, C., 2002, An educational tool for fuzzy logic-controlled BDCM, IEEE Trans Educ, 45(1), 33-42.
27. Elmas, C., Akcayol, M. A., 2004, Virtual electrical machinery laboratory: A fuzzy logic controller for induction motor drive, Int J Eng Educ 20, 226-233.
28. Akın,E., Karaköse, M., 2003, Elektrik ve Bilgisayar Mühendisliği Eğitiminde Sanal Laboratuvarların Kullanımı, Elektrik-Elektronik-Bilgisayar Mühendislikleri Eğitimi 1. Ulusal Sempozyumu, EEBM2003.
29. Delmar, 2000, Virtual Lab in Industrial Motor Controls, Delmar Learning.
30. Matlab-Simulink, 2003, Mathworks,Inc., NatickMA, 1760- 2098.
31. Akben,.S.B, Subaşı, A., Kıymık, M.K., 2005, Mühendislikte E-Eğitim Uygulamasının Getireceği Sonuçlar, EEB 2005 2. Ulusal Sempozyumu, Samsun, 94-98.
32. Wilson, B. & Lowry,M, 2001, Constructivist Learning on the Web”, in Liz Burge (Eds.), Learning Technologies: Reflective and Strategic Thinking. San Francisco: Jossey-Bass.
33. Harper, K.C, Chen, K., Yen, D.C., 2004, Distance learning,virtual classrooms,and teaching pedagogy in the Internet environment, Technology in Society 26, ELSEVIER, 585–598.

34. Keyhani, A., Marwalli, M.N., Higuera, L.E., Athalye, G., and Baumgartner, G., 2002, An Integrated Virtual Learning System for the Development of Motor Drive Systems, IEEE Transactions on Power Systems, 17, No. 1, 1-6.
35. Karagülle,İ., Pala,Z., 2002, Borland C++ Builder 6, Türkmen Yayın Evi, İstanbul, 1092s..
36. Ogata,K.; 1996, Modern Control Engineering, Prentice-Hall, 3rd edition,
37. Gedikpınar, M.,2002, Fırçasız doğru akım motorlarının kayma mod gözlemleyicili algılayıcısız hız kontrolü, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 109s.
38. Gedikpınar, M., Guldemir, H., “Fırçasız doğru akım motorunun modellenmesi ve hız kontrolü”, Elektrik-Elektronik-Bilgisayar Mühendisleri 9. Ulusal Kongresi Bildiriler Kitabı, Kocaeli, Cilt 1, s. 142-145, 2001.
39. Krause, P.C., O. Wasynczuk, and S.D. Sudhoff, 2002, Analysis of Electric Machinery, IEEE Press.
40. Dandıl, B.,2004, Sinirsel Bulanık Denetleyicilerle Asenkron Motorun Dayanıklı Hız Denetimi, Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 108s.
41. Dal, M., 2001, Asenkron Motorun Vektör Kontrolü ve Dayanıklı Akı Gözlemleyici Tasarımı, Doktora Tezi, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.
42. Peresada, S., Tilli, A. and Tonielli, A., 2003, Theoretical and Experimental Comparison of Indirect Field-Oriented Controllers for Induction Motors, IEEE Trans. on Power Elect., 18,1,151-163.
43. Ong, C.M., 1998, Dynamic Simulation of Electric Machinery, Prentice Hall Ptr., New Jersey, 626s.
44. Bose, K. B., 2002, Modern Power Electronics and AC Drivers, Prentice Hall, New .
45. Mohan, N., T.M. Undeland, and W.P. Robbins, 1995, Power Electronics: Converters, Applications, and Design, John Wiley & Sons, Inc., New York, 8.4.1

46. Haifeng, L. Wenlong, Q., Bin, H., 2004, Nonlinear Modeling and Simulation of Induction Machine, TENCON 2004, IEEE Region 10 Conference, 3, 504- 507.
47. Popescu, M.; Navrapescu, V., 2000, A method of iron loss and magnetising flux saturation modelling in stationary frame reference of single and two-phase induction machines, Power Electronics and Variable Speed Drives, 140-146,
48. Tarbouchi, M. Le Huy, H., 1998, Nonlinear control of an induction motor in magnetic saturation, Industry Applications Conference, IEEE, 1, 648-654.
49. Tamura, J., Takeda, I., Terada, O., Yonaga, S., Fukushima, T., 1996, A new method to express main flux saturation of ac rotating machines, ICEM 96 Vigo, Spain, 2, 175-180.
50. Kisch, D.O., Galan, N., Kisch, M., 1996, A Novel Approach for The Analysis of The Induction Motor with Effects of Local Flux Saturation, ICEM 96 Vigo, Spain, 2, 85-89.
51. Bargallo,R. and Llaverias, J., 1996, Induction Machines Modelling With Saturation Parameters Estimation and Validation, ICEM 96 Vigo, Spain, 1, 29-33.
52. M. Jovanovic and R.E. Betz, 1993, Effects of Saturation and Iron Losses on the Optimal Control of Synchronous Reluctance Machines, Proceedings of AUPEC'93, Wollongong, Australia.
53. Moreira, J.C. Lipo, T.A. , 1192, Modelling of saturated AC machines including air gap flux harmonic components, Transaction on Industry Applications, IEEE, 343-349.
54. Ojo, J.O. Consoli, A. Lipo, T.A. , 1990, An improved model of saturated induction machines , Industry Applications, IEEE Transactions on 26, 212-221.
55. Levi, E., Sokola, M. and Vukosavic, S.N, 2000, A Method for Magnetizing Curve Identification in Rotor Flux Oriented Induction Machines, IEEE Transactions on Energy Conversion, 15, No. 2, 157-162.

56. Sullivan, C.R., Kao, C., Acker, B.M. and Sanders, S.R., 1996, Control Systems for Induction Machines with Magnetic Saturation, IEEE Transactions on Industrial Electronics, 43, No.1, 142-152.
57. Tenhunen,A., Holopainen, T.P., Arkkio, A., 2004, Effects of saturation on the forces in induction motors with whirling cage rotor, Magnetics, IEEE Transactions on, 40, 766- 769.
58. Hofmann, H., Sanders, S.R., Sullivan, C., 1995, Stator-flux-based vector control of induction machines in magneticsaturation, Industry Applications Conference, IEEE, 1, 152-158.
59. Charette, A., Xu, J., Lakhsasi, A., Yao, Z., Rajagopalan, V., 1996, Modeling and validation of asynchronous machine taking into accountthe saturation effects”, Industry Applications Conference, IEEE , 3, 1538-1541.
60. Orhan,A.,1999, “Büyük Güçlü Senkron Motorların Vektör Kontrolü İçin Yeni Bir Yöntem”, Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 101s.
61. Khalid I.Saleh, Osama A.Mohammed, Mohammed A.Badr, 2004, Field-Oriented Vector Control of Synchronous Motors With Additional Field Winding, IEEE Transactions on Energy Conversion, 19, No. 1, 95-101.
62. Çalışkan, A.,2004, Evirgeç Beslemeli Senkron Motorlarda Çıkıklık Ve Amortisör Sargı Etkilerinin İncelenmesi Ve Vektör Kontrolü, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 55s.
63. Kawabata,S., Yamada,Y., Sanekkta, M., 2004, Virtual Laboratory Work of Physics, IEEE, 477-480.
64. Jost , R.J., 2004, Simulating a Laboratory Experience for an On-Line EMC Course, IEEE, 321-325.
65. H.Arsalan,, Q, Filbeck, A. Gedra, T.W, 2002, Application of Virtual Instrumentation in A Power Engineering Laboratory, IEEE, 675-678.

66. Rashid, M.H, 1993, Power Electronics, Prentice Hall Ptr., New Jersey.
67. Ertugrul, N., 2002, LabVIEW for Electric Circuits, Machines, Drives, and Laboratories, Prentice Hall Ptr., New Jersey.
68. B. Atıcı, 2004, Sosyal Bilgi İnşasına Dayalı Sanal Öğrenme Çevrelerinin Öğrenci Başarısı ve Tutumlarına Etkisi, Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü: Elazığ, 182s.

ÖZGEÇMİŞ

Erkan TANYILDIZI

Fırat Üniversitesi
Teknik Eğitim Fakültesi
Elektronik ve Bilgisayar Eğitimi Bölümü
23119, Elazığ

etanyildizi@firat.edu.tr

- 1975** Elazığ da doğdu.
- 1989 – 1992** Elazığ Lisesi’nden mezun oldu.
- 1993 – 1997** Fırat Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Elektronik ve Bilgisayar Eğitimi bölümünden bölüm birincisi olarak mezun oldu.
- 1997 – 1998** Bingöl Endüstri Meslek Lisesi’nde bilgisayar öğretmeni olarak göreve yaptı
- 1998 – 1999** Bingöl Endüstri Meslek Lisesi’nde bilgisayar bölüm şefi olarak görev yaptı.
- 1999-...** Fırat Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi Elektronik-Bilgisayar Eğitimi bölümünde araştırma görevlisi olarak göreve başladı ve 2005 yılından itibaren öğretim görevlisi olarak çalışmaktadır.
- 2000 – 2002** Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektronik-Bilgisayar Eğitimi Anabilim Dalında “Bilgisayar Destekli Yazılım için Uygun Bir Yazılım Geliştirilmesi”, konulu tez çalışması ile Yüksek Lisansı tamamladı.
- 2002-** Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalında doktora öğrenimine başladı.