

## Elektrik İletim Operatörleri için DigSilent PowerFactory™ ve Siemens Simatic WinCC™ SCADA Yazılımı Entegrasyonu ile Geliştirilen Eğitim Simülatörü

**Burak ÖZÇELİK<sup>1</sup>, Osman Bülent TÖR<sup>1</sup>, Mahmut Erkut CEBECİ<sup>1</sup>, Gürol ÜNVER<sup>1</sup>, Kadir ÖZEN<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>EPRA Elektrik Enerji, Ankara, Türkiye

burak.ozcelik@epra.com.tr, osman.tor@epra.com.tr, erkut.cebeci@epra.com.tr, gurol.unver@epra.com.tr, kadir.ozen@epra.com.tr

(Geliş/Received: 23.03.2018; Kabul/Accepted: 03.09.2018)

### Özet

Elektrik şebekelerinin işletilmesinde sistemin gerçek zamanlı (real time) olarak izlenmesi ve gerektiğinde uzaktan müdahale edilebilmesi büyük önem taşımaktadır. SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) sistemleri, sistem operatörlerine, merkezi bir kontrol noktasından geniş bir coğrafi alana yayılmış elektrik şebekelerinin gerçek zamanlı olarak izlenmesi ve kontrolüne imkan sağlarlar. Şebeke operatörlerinin gerektiğinde SCADA sistemleri üzerinden şebekeye etkin müdahaleleri için eğitim almaları gerekir. Bu eğitimlerin şebeke modeli üzerinde gerçek zamanlı çalışan eğitim simülatörleri ile gerçekleştirilmesi önemlidir. Bu çalışmada, bir şebeke analiz yazılımı olan DigSilent PowerFactory™ tabanlı şebeke modelinin, Siemens Simatic WinCC™ tabanlı SCADA arayüz yazılımı ile bir OPC (Ole for Process Control) sunucu üzerinden entegrasyonu prensibine dayalı geliştirilen bir operatör eğitim simülatörü anlatılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Operatör eğitim simülatörü, DigSilent PowerFactory, Siemens Simatic WinCC, OPC sunucu

## Transmission Dispatcher Training Simulator based on Integration of DigSilent PowerFactory™ and Siemens Simatic WinCC™ SCADA Software Platform

### Abstract

Monitoring and controlling of power systems remotely is very important. SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) systems provides real time monitoring and controlling of power systems which are distributed to large geographical regions. Transmission operators have to take trainings in order to use the SCADA systems effectively. It is important to make these trainings on real-time simulators. This study presents an operator training simulator which is developed by integrating DigSilent PowerFactory™ based grid model and Siemens WinCC™ based SCADA interface software through an OPC (Ole for Process Control) server.

**Keywords:** Dispatcher training simulator, DigSilent PowerFactory, Siemens Simatic WinCC, OPC server

### 1. Giriş

Elektrik iletim şebekeleri en önemli ve kritik altyapılardan biridir. SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) sistemleri, geniş alana yayılmış elektrik iletim şebekelerinin bir merkezden izlenmesi ve kumanda edilmesine imkan sağlayan ve günümüzde birçok ülkede kullanılan sistemlerdir [1]. Elektrik şebekelerinin işletilmesinde sisteminin gerçek zamanlı olarak izlenmesi büyük önem taşımaktadır. SCADA sistemleri, insan gücüne bağımlılığı azaltmak, merkezi bir kontrol noktasından elektrik

şebekelerinin izlenmesini sağlamak ve işletme görevlerini emniyetli, güvenilir ve mali açıdan ekonomik olarak yerine getirme imkanı sunmaktadır.

Şebeke operatörlerinin gerektiğinde SCADA sistemleri üzerinden şebekeye etkin müdahaleleri için eğitim almaları gerekmektedir. Bu eğitimlerin şebeke modeli üzerinde gerçek zamanlı çalışan eğitim simülatörleri ile gerçekleştirilmesi önemlidir [2]. Eğitim simülatörlerinin arayüz yazılımları kumanda odasında bulunan SCADA ekranları ile aynı olması, operatörlerin bu eğitimler sayesinde

SCADA sistemine ve şebekeye daha çok hakim olmalarına imkan sağlar.

31 Mart 2015 tarihinde Türkiye genelinde yaşanan elektrik kesintisi sonrası operatör eğitim simülâtörüne olan ihtiyaç bir kat daha artmıştır. Nitekim, 31 Mart 2015'teki kesinti ile ilgili değerlendirme raporunun sonuç kısmında operatör eğitiminin önemi vurgulanmıştır [3]. Türkiye'de şimdiye kadar elektrik iletim operatörleri için eğitim simülâtörü geliştiren yerli bir firma bulunmamaktadır.

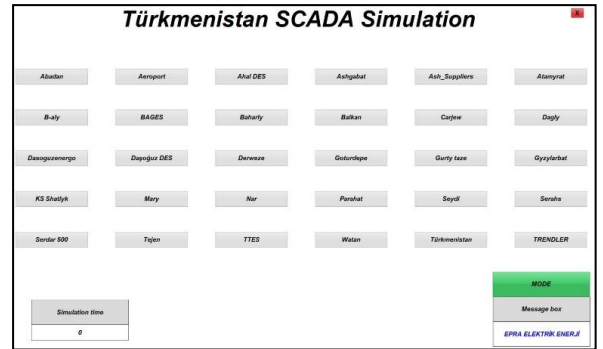
Bu çalışmada ilk defa yerli mühendisler tarafından geliştirilen bir operatör eğitim simülâtörü açıklanmıştır. Simülâtör, bir şebeke analiz yazılımı olan DigSilent PowerFactory™ [4] ile Siemens WinCC™ [5] tabanlı geliştirilen SCADA arayüz yazılımının bir OPC (Ole for Process Control) sunucu üzerinden entegrasyonu prensibine dayanmaktadır. Operatör eğitim simülasyonunda motor (engine) olarak, gerçek zamanlı çalışan DigSilent PowerFactory şebeke analiz yazılımı kullanılmıştır. DigSilent PowerFactory bir OPC sunucu üzerinden SCADA yazılımları ile entegre edilebilmektedir [6].

Makalede ilk önce Siemens Simatic WinCC tabanlı geliştirilen operatör SCADA arayüz yazılımı açıklanmıştır (2. Bölüm). Daha sonra, 3. Bölümde, DigSilent PowerFactory şebeke analiz yazılımında Turkmenenergo için geliştirilen statik ve dinamik şebeke modelleme çalışmaları anlatılmıştır. SCADA arayüz yazılımındaki ve DigSilent PowerFactory şebeke modelindeki şebeke ekipman etiketlerinin (tag) oluşturulması ve SCADA arayüz yazılımı ve DigSilent PowerFactory şebeke modelinin bu etiketler ile bir OPC sunucu üzerinden entegrasyonu, sırasıyla 4. ve 5. Bölümlerde açıklanmıştır. Simülâtörünün en önemli özelliklerinden biri, operatör manevralarının kayıt altına alınmasıdır. Böylece, eğitimler sırasında operatörler tarafından, farklı senaryolar altında şebekeye yapılan manevralar kayıt altına alınmakta ve bu kayıtlar eğitime katılan operatörler ve eğitmen tarafından daha sonra değerlendirilebilmektedir. Geliştirilen simülâtörün kayıt altına alma fonksiyonları 6. Bölümde anlatılmıştır. Son olarak, eğitmen tarafından eğitime katılan operatörlere verilecek olan otomatik notlandırma için öngörülen yaklaşım 7. Bölümde

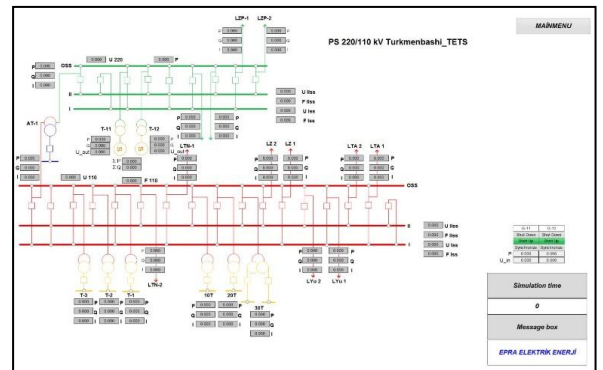
açıklanmıştır. Çalışmada elde edilen sonuçlar 8. Bölümde verilmiştir. Geliştirilen simülâtör ilk defa Türkmenistan'daki Turkmenenergo milli yük tevzii merkezine kurulmuş olup, makalede Turkmenenergo'ya kurulan sistemden örnekler gösterilmiştir.

## 2. Eğitim Simülâtörü SCADA Yazılımı

Turkmenenergo yük tevzii merkezindeki SCADA yazılımı Siemens Simatic WinCC tabanlıdır. Bu nedenle DigSilent PowerFactory ile entegre edilecek olan SCADA yazılım platformu olarak Siemens Simatic WinCC (V7.4 run time client) kullanılmıştır. Turkmenenergo şebekesi için geliştirilen operatör eğitim simülâtörü SCADA yazılımı ana ekran görüntüsü ve örnek bir güç trafo merkezinin SCADA yazılımında modellenmesine yönelik ekran görüntüleri sırasıyla Şekil 1 ve Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Eğitim Simülâtörü SCADA arayüz yazılımının başlangıç ekranı



Şekil 2. Eğitim simülâtörünün SCADA arayüz yazılımı üzerinde bir güç trafo merkezi modeli ekran görüntüsü

Elektrik şebekelerinde kullanılan SCADA sistemleri her kontrol merkezinde veri arşivleme ve verilerin grafiksel olarak SCADA ekranlarında izlenebilme imkanı sunmaktadır. Bu grafikler aracılığıyla gerilim ve frekans değerlerindeki kritik yükselmeler ve düşümler, aktif/reaktif güç değişimleri, kesici pozisyonları izlenebilir ve kritik durumlarda trafo merkezleri ekranları üzerinden müdahale edilebilir. Ayrıca merkezler içerisinde mevcut olan üniteler, ünite kontrol paneli yardımıyla santral durumu (devrede/devre dışı) izleme, ünite devreye alma / devreden çıkarma, santral-şebeke senkronizasyonu yapılabilmektedir. Geliştirilen operatör eğitim simülörünün SCADA arayüz yazılımı bu özelliklere sahip olup, şebeke izleme ve kumanda için SCADA modeli DigSilent PowerFactory şebeke modeli ile entegre edilmiştir. Bunun için, SCADA arayüz yazılımında modellenen her bir ekipmana (bara, hat, ünite, trafo, vb.) bir etiket tanımlanmış ve aynı etiketler DigSilent PowerFactory şebeke modelinde kullanılmıştır.

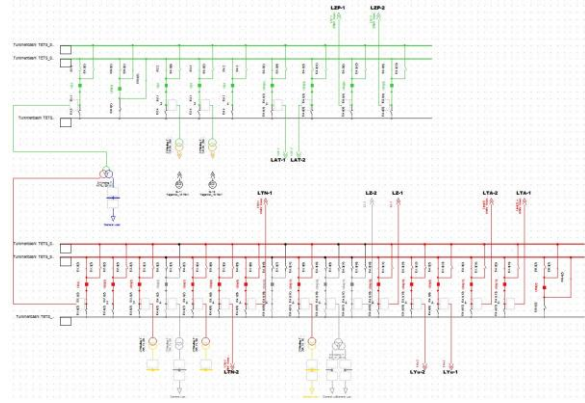
### 3. Statik ve Dinamik Şebeke Modelleme Çalışmaları

#### 3.1. İletim şebekesinin modellenmesi

Türkmenistan iletim şebekesi, üç farklı gerilim seviyesini de içerecek şekilde (500 kV, 220 kV ve 110 kV) statik ve dinamik olarak modellenmiştir. İletim hatlarının statik modellerindeki reaktif ve kapasitif empedans değerleri hatların direk geometri bilgileri ile hesaplanmıştır.

Turkmenenergo şebeke modeli Balkan, Ashgabat-Akhal, Mary, Lebap ve Dashoguz olmak üzere beş bölgeden oluşmaktadır. Bu nedenle, her bir bölge için DigSilent PowerFactory'de ayrı ayrı tekhat şemaları oluşturulmuş ve tek bir model üzerinde birleştirilmiştir. Şekil 2'de SCADA arayüz yazılım modeli gösterilen merkezin DigSilent PowerFactory model karşılığı Şekil 3'te verilmiştir. Şekil 2 ve Şekil 3 kıyaslandığında, amaçlandığı gibi, SCADA arayüz yazılımındaki modelin görseli ile DigSilent PowerFactory şebeke modelindeki görsel hemen hemen aynı

olduğu gözlenmektedir. Turkmenenergo şebeke modeli Tablo 1'de özetlenmiştir.



Şekil 3. Trafo merkezi iç yapısı (Şekil 2'deki Simatic WinCC SCADA modeline karşılık gelen DigSilent PF modeli)

Tablo 1. Turkmenenergo şebeke modeli özeti

Ekipman	Gerilim Seviyesi (kV)				
	500	400	220	110	Orta Gerilim
Terminal (Adet)	123	78	1173	7628	9840
İletim Hattı (km)	1004	789	4648	10491	-
Trafo (2 sargılı) (Adet)	3	2	34	222	56
Trafo (3 sargılı) (Adet)	5	-	63	288	-

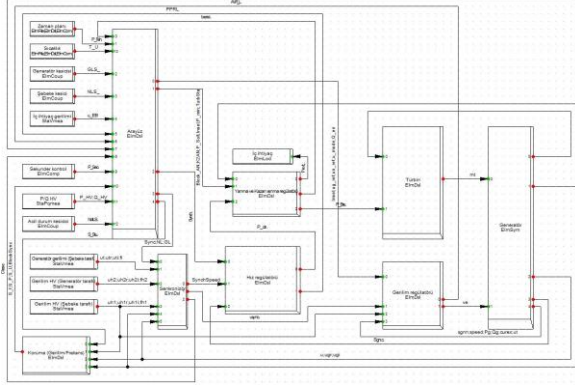
#### 3.2. Termik santrallerin modellenmesi

Doğalgaz kaynakları bakımından zengin olan Türkmenistan, elektrik ihtiyacının büyük bir kısmını gaz türbinli elektrik santrallerinden karşılamaktadır. Bir gaz santralinin ünitesinin farklı çalışma modlarına ait akış şeması Şekil 6'da gösterilmiştir. Eğitim simülörünün DigSilent PowerFactory şebeke modelinde her bir gaz santrali, Şekil 4'te gösterilen çalışma modlarının hepsinde ayrı ayrı çalışabilecek şekilde modellenmiştir.



Şekil 4. Gaz santralinin temel çalışma prensibi

Çalışma modlarına göre farklı fonksiyonlarda aktif olan santral kontrolcülerini (hız regülâtörü ve otomatik gerilim kontrolcüsü - AVR) ayrı ayrı modellenmiştir. Santallerin kontrolcü modeli genel şeması Şekil 5'te gösterilmiştir.

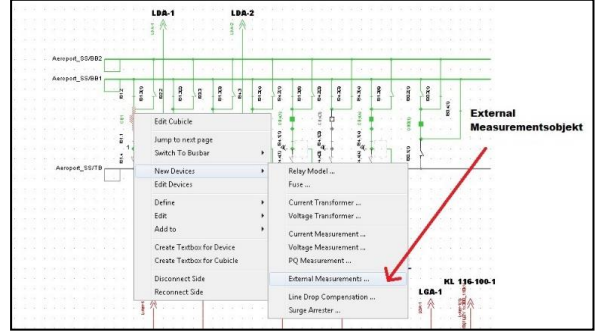


Şekil 5. Santral kontrolcü modeli genel şeması

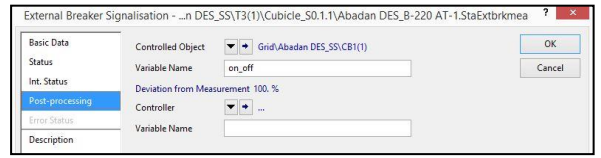
#### 4. Şebeke Ekipman Etiketlerinin (Tag) Oluşturulması

Şebeke statik ve dinamik modelini içeren DigSilent PowerFactory modeli ile Simatic WinCC tabanlı geliştirilen SCADA arayüz yazılımı arasında entegrasyon için harici etiketlere (extern Tag) ihtiyaç duyulmaktadır. DigSilent PowerFactory şebeke modelindeki kesici açık/kapalı durumları, hatlar üzerindeki aktif ve reaktif güç akışları, bara gerilim ve frekansı gibi ölçüm objelerinin SCADA arayüz yazılımında izlenmesi ve gerektiğinde manevra yapılabilmesi için, durum (monitor) ve kumanda (kontrol) etiketleri oluşturulmuştur. Bu etiketler, gerek DigSilent PowerFactory gerekse de SCADA arayüz yazılımında herhangi bir objede kumanda yapılması durumunda, gerçek zamanlı olarak, her iki modele de otomatik biçimde yansımaktadır.

Monitör amaçlı etiketler DigSilent PowerFactory modelinde "external measurement" olarak (Şekil 6), kontrol etiketleri ise "controller object" olarak (Şekil 7) tanımlanmıştır.



Şekil 6. DigSilent PowerFactory model içerisinde monitör amaçlı etiketlerin oluşturulması



Şekil 7. Kesici kontrol etiketlerinin DigSilent PowerFactory modeli içerisinde oluşturulması

#### 5. OPC Sunucu Üzerinde Entegrasyon

DigSilent PowerFactory ile Siemens Simatic WinCC tabanlı geliştirilen SCADA arayüz yazılımının entegrasyonu OPC (Ole for Process Control) server (sunucu) üzerinden gerçekleştirilmiştir. OPC sunucuları gerçek zamanlı veri iletişimini sağlayabilmek ve özellikle SCADA sistemleriyle olan bağlantıyı mümkün kılmak için kullanılan arayüzlerdir. OPC sunucuları (server) ve OPC istemcisi (client) arasındaki veri aktarımı çift yönlü olarak sürücüler aracılığıyla yapılabilir ve her iki tarafta okuma ve yazma işlemi gerçekleştirilebilir.

Geliştirilen operatör eğitim simülâtöründe OPC sunucu, DigSilent PowerFactory ve SCADA arayüz yazılımı arasında bir köprü vazifesi görerek [7], modeller arasında veri alışverişini sağlamaktadır (Şekil 8). DigSilent PowerFactory şebeke modelinde konfigüre edilerek oluşturulan etiketler, bir CSV (Comma - Separated Values) dosyası aracılığıyla OPC server içerisine aktarılmıştır.

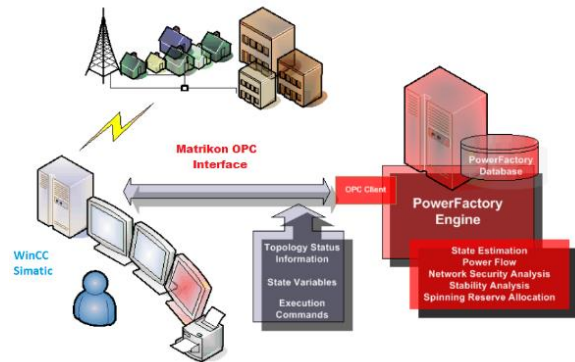
Current configuration:		Contents of alias group PF:				
	Server Configuration	Name	Item Path	Data Type	R/W	Update Rate
	Alias Configuration	Aesortort_B-11	SHORT	R/W		
		Aesortort_B-11	SHORT	R/W		
		Aesortort_B-11	SHORT	R/W		
		Aesortort_B-11	SHORT	R/W		
		Aesortort_B-11	SHORT	R/W		

Şekil 8. OPC Server penceresi

OPC sunucu, etiketler ile tanımlanan değerleri kontrol edebilmek ve bu değerleri istenilen zaman diliminde manuel olarak değiştirebilmek için bir OPC “explorer” sürücüsüne sahiptir. OPC-explorer üzerindeki kanallar aracılığıyla PowerFactory DigSilent ve Simatic WinCC modelleri arasında başarılı bir iletişim ağı kurulmuştur. Etiketlerin bağlantı durumu, aktif/deaktif durumları ve sahip oldukları gerçek zamanlı değerleri de OPC-explorer ekranı aracılığıyla sağlanmıştır.

PowerFactory içerisindeki harici bağlantıları destekleyen ve OPC sunucu arayüzü ile bağlantıyı sağlayan harici bağlantı penceresi mevcuttur. Bu pencere aracılığıyla aynı ağ (localhost) ya da farklı sunucular arasında ilişkilendirme mümkün hale gelmektedir. Harici bağlantı penceresi üzerindeki bağlantı sekmesi altında OPC OSE (OPC Online State Estimation) ve OPC TDS (Time Domain Simulation) seçenekleri yardımı ile kısa devre, yük akışı veya dinamik analizler için uygun bağlantı tipi seçmek mümkündür.

DigSilent PowerFactory – OPC Sunucu - Simatic WinCC SCADA yazılımı entegrasyonu için öngörülen mimari yapı Şekil 9’de gösterilmiştir. DigSilent PowerFactory ve Siemens Simatic WinCC tabanlı geliştirilen SCADA arayüz yazılımının bir OPC sunucu üzerinden gerçek zamanlı entegrasyonu sayesinde, statik ve dinamik şebeke simülasyonları, operatörlerin zaten iyi bildikleri bir SCADA yazılımı üzerinden yapılabilmektedir. Başka bir deyişle, operatörlerin DigSilent PowerFactory yazılımı üzerinden simülasyon yapmalarına gerek kalmamaktadır.

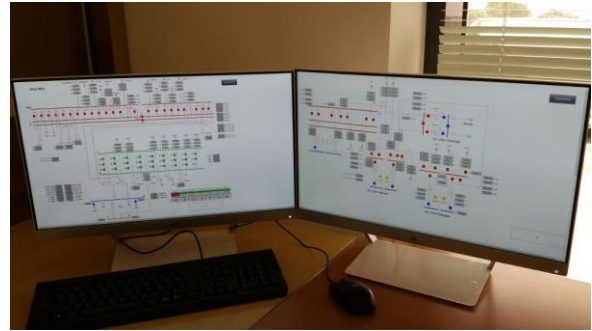


Şekil 9. DigSilent PowerFactory – OPC Sunucu – Simatic WinCC mimari yapısı



Şekil 10. Türkmenistan milli yük tevzii merkezine kurulan operatör eğitim simülâtöründen alınan bir resim (A)

Turkmenenergo için geliştirilen ve Türkmenistan milli yük tevzii merkezine kurulan operatör eğitim simülâtörünün ekran görüntüleri gösteren resimler Şekil 10 ve Şekil 11’de verilmiştir. Eğitim tarafından oluşturulan senaryo üzerinde birden fazla operatör manevra simülasyonları yapabilmekte ve her birinin manevraları ve bu manevralar sonrası şebeke parametrelerindeki değişiklikler ayrı ayrı kayıt altına alınmaktadır.

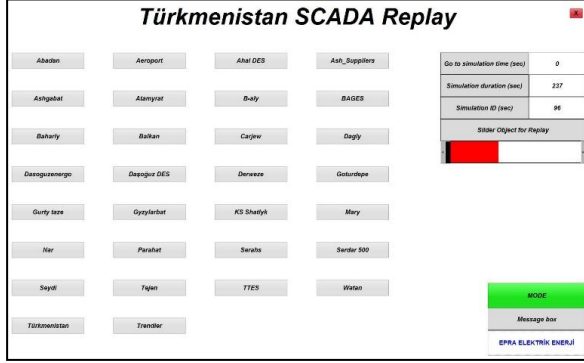


Şekil 11. Türkmenistan milli yük tevzii merkezine kurulan operatör eğitim simülâtöründen alınan bir resim (B)

## 6. Kayıt Altına Alma Fonksiyonları

Elektrik iletim operatörü eğitim simülâtörü, operatörün eğitim sırasında gerçekleştirdiği manevraların (iletim hattı devreden çıkarma / devreye alma, santral devreden çıkarma / devreye alma, santral yüklenme set point değiştirme, reaktör dereye alma / çıkarma v.b.) kayıt altına alınması oldukça önem arz etmektedir. Bu amaçla, DigSilent PowerFactory ve SCADA modelleri arasındaki veri alış verişi gerçek zamanlı olarak SQL Server Database içersine kaydedilip saklanmaktadır. Ayrıca SQL

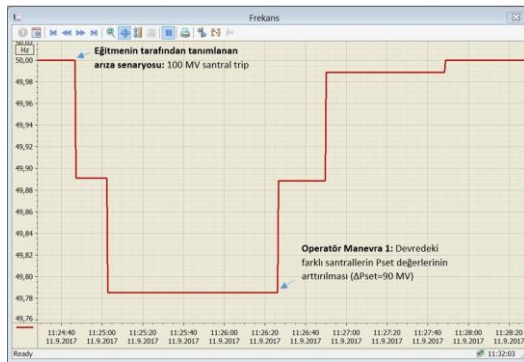
veritabanı içerisinde saklanan veriler, WinCC Replay içerisinde, geriye yönelik kayıtların yeniden simüle edilmesi suretiyle izlenebilmektedir (Şekil 12).



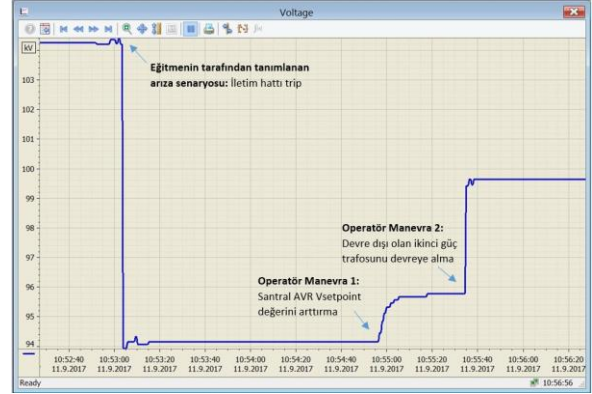
Şekil 12. WinCC Replay başlangıç ekranı

“WinCC Replay” SQL veritabanı içerisinde saklanan geçmişe yönelik verileri tekrar izlemenin yanı sıra geri sarma ve ilerletme imkanı da sunmaktadır. Zaman kontrol paneli üzerinde simülasyon süre takibi (Simulation ID) yapılabilmektedir. Ayrıca simülasyon süre kontrol çubuğu (Slider Object for Replay) ile istenilen zaman dilimine gidilebilmektedir. Şekil 12’de de gösterildiği gibi kayıt kontrol paneli WinCC Replay başlangıç ekranında yer almaktadır. Ayrıca, her bir trafo merkezi ekranlarında da bulunmaktadır.

Eğitmen tarafından tanımlanan şebeke arıza senaryoları sonrası eğitime katılan bir operatörün simülatör üzerinden gerçekleştirdiği manevralar ve bu manevralar sonrası şebeke parametrelerindeki dinamik değişimler aşağıdaki şekillerde örnek olarak gösterilmiştir.



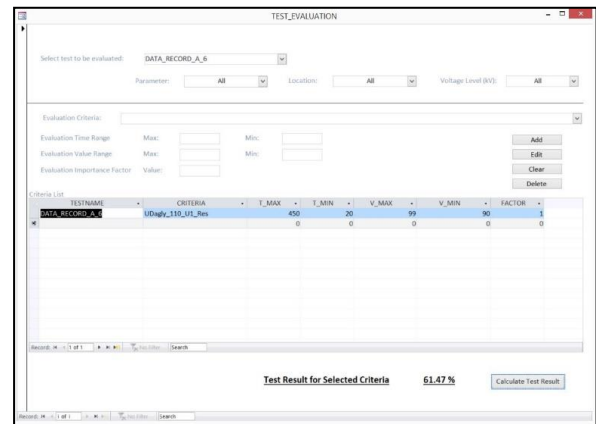
Şekil 13. Santral devre dışı kalması senaryosu ve operatör tarafından simülatör üzerinde yapılan manevralar



Şekil 14. İletim hattı devre dışı kalması senaryosu ve operatör tarafından simülatör üzerinde yapılan manevralar

## 7. Otomatik Notlandırma

Her ne kadar operatörlerin yaptıkları manevralar kayıt edilebilir ve tekrar oynatılabilir olsa da, eğitime katılan operatörlerin objektif notlandırılmasına da ihtiyaç vardır. Bu amaçla, operatör manevraları sonrası hedeflenen gerilim düşümü ve aşırı yüklenme gibi parametreler üzerinden bir otomatik notlandırma algoritması geliştirilmiştir. Notlandırma algoritması sayesinde, operatörler tarafından yapılan manevralar sonrası hedeflenen değerlere ne kadar ulaşılabildiği göz önünde bulundurularak, operatörlere otomatik not verilmektedir. Hedeflenen değerler eğitmen tarafından tanımlanabilmektedir. Notlandırma sonuç penceresi verilen hedefleri ve operatör manevraları sonrası elde edilen değerleri birlikte göstermektedir (Şekil 15).



Şekil 15. Notlandırma sonuç ekranı

## 8. Sonuçlar

Bu çalışmada ilk defa yerli bir firma tarafından geliştirilen bir operatör eğitim simülatörünün teknik özellikleri açıklanmıştır. Eğitim simülatörü, bir şebeke analiz yazılımı olan DigSilent PowerFactory™ ile Siemens Simatic WinCC™ tabanlı geliştirilen SCADA arayüz yazılımının bir OPC sunucu üzerinden entegrasyonu prensibine dayanmaktadır. Operatör eğitim simülasyonunda motor (engine), gerçek zamanlı çalışan DigSilent PowerFactory şebeke analiz yazılımıdır. Geliştirilen simülatör ilk defa Türkmenistan'daki Turkmenenergo milli yük tevzii merkezine başarıyla kurulmuş ve devreye alınmıştır.

## 9. Teşekkür

Bu çalışma TÜBİTAK TEYDEB 1507 - TÜBİTAK KOBİ Ar-Ge Başlangıç Destek Programı tarafından desteklenmiştir (Proje No: 7151362).

## 10. Kaynakça

1. D. J. Gaushell, H. T. Darlington, "Supervisory control and data acquisition," IEEE Proc., Vol. 75, No: 12, Dec. 1987.

2. M. Prais, G. Zhang, Y. Chen, A. Bose, D. Curtice, "Operator Training Simulator: Algorithms and Test Results," IEEE Power Engineering Review, Vol. 9, No: 8, Aug. 1989.
3. "Blackout in Turkey on 31st March 2015," Project Group Turkey, ENTSO/E, 21 Sep. 2015. (Available at <https://www.entsoe.eu>).
4. DIgSILENT GmbH. PowerFactory Echtzeitsimulation Netz- und Kraftwerksmodelle. Gomaringen: DIgSILENT GmbH, 2016. (<http://www.digsilent.de/>).
5. Siemens Simatic WinCC SCADA System (<http://w3.siemens.com/mcems/human-machine-interface/en/visuali-zation-software/scada/pages/default.aspx>)
6. PowerFactorySCADA Interface and Application. DIgSILENT GmbH. Gomaringen: DIgSILENT GmbH, 2015.N. Hosseinzadeh, "Economics of upgrading SWER distribution systems," In Proc. Australian Universities Power Engineering Conf, 2008.
7. DIgSILENT GmbH. PowerFactory OPC Guide. Gomaringen: DIgSILENT GmbH, 2014. Bd. 004.
8. Grundlegende Software- und Berechnungsfunktionen. Erweiterte Funktionen und Leistungsmerkmale. [Online] 2013. [www.digsilent.de/tl\\_files/digsilent/files/powerfactory/PFv14\\_Software\\_2013\\_DE.pdf](http://www.digsilent.de/tl_files/digsilent/files/powerfactory/PFv14_Software_2013_DE.pdf)