

ELEKTRİK DAĞITIM SİSTEMİ İÇİN SANAL UZAK TERMİNAL BİRİMİ GELİŞTİRİLMESİ

DEVELOPING A VIRTUAL REMOTE TERMINAL UNIT FOR ELECTRICAL DISTRIBUTION SYSTEM

Necati Keskin¹, Sude Kozalioğlu²

^{1,2}ADM Elektrik Dağıtım A.Ş., Ar-Ge Müdürlüğü

necati.keskin@admelektrik.com.tr, sude.kozalioglu@admelektrik.com.tr

ÖZET

SCADA, büyük ve karmaşık endüstriyel sistemleri izleyen merkezi bir kontrol sistemidir. Bu sistemler genellikle uzaktan terminal üniteleri veya programlanabilir mantık kontrolörleri tarafından otomatik olarak kontrol edilir. Türkiye'de, RTU'lar enerji santralleri ve trafo merkezleri dâhil olmak üzere birçok endüstriyel uygulamada kullanılır. Ancak, çok sayıda farklı haberleşme protokolü kullanımı RTU'nun programlamasını zorlaştırır ve hatalara neden olabilmektedir. Bu çalışmada geliştirilen Sanal RTU yazılımı ile sahadaki verileri tek bir platformda toplanarak, hata oranı minimuma indirmek için bir çözüm sağlanmıştır. Bu dijital platform, yapay zeka veya makine öğrenmesi teknolojileri içeren OMS (Operasyonel Yönetim Sistemi) ve DMS (Dağıtım Yönetim Sistemi) gibi dağıtım sistemi uygulamaları ile entegre çalışabilmektedir. Bu sayede, mevcut RTU'larla sağlanamayan arıza tahmini gibi özelliklerin de entegre edilmesi mümkün olmuştur. Yapılan çalışmanın hedefi, elektrik dağıtım şirketlerinin teknolojik altyapılarını geliştirerek daha etkin ve başarılı bir şekilde faaliyet göstermelerine yardımcı olmaktır.

Anahtar kelimeler: SCADA, RTU, Endüstriyel Sistemler, Merkezi Kontrol Sistemleri, Enerji Santralleri, Trafo Merkezleri, Sanal RTU, Dağıtım Sistemleri.

ABSTRACT

SCADA is a centralised control system that monitors large and complex industrial systems. These systems are usually controlled automatically by remote terminal units or programmable logic controllers. In Turkey, RTUs are used in many industrial applications including power plants and substations. However, the use of many different

communication protocols makes RTU programming difficult and may cause errors. With the Virtual RTU software developed in this study, a solution is provided to minimise the error rate by collecting field data on a single platform. This digital platform can be integrated with distribution system applications such as OMS (Operational Management System) and DMS (Distribution Management System) that contain artificial intelligence or machine learning technologies. In this way, it has been possible to integrate features such as fault prediction that cannot be provided with existing RTUs. The aim of the study is to help electricity distribution companies to operate more effectively and successfully by improving their technological infrastructure.

Keywords: SCADA, RTU, Industrial Systems, Central Control Systems, Power Plants, Transformer Centers, Virtual RTU, Distribution Systems.

1. GİRİŞ

SCADA, büyük ve karmaşık sistemleri izleyen merkezi bir kontrol sistemidir [1]. Bu sistemler genellikle geniş alanlara yayılmıştır ve çoğu kontrol işlemi uzaktan terminal üniteleri (RTU) veya programlanabilir mantık kontrolörleri (PLC) tarafından otomatik olarak gerçekleştirilir. Türkiye'de, enerji santralleri ve trafo merkezleri de dâhil olmak üzere birçok endüstriyel uygulamada, RTU'lar kullanılarak kontrol ve izleme yapılır. RTU, birden fazla haberleşme protokolünü barındırarak farklı cihazlardan gelen verileri tek bir protokol aracılığıyla

SCADA merkezine gönderir. Ancak, çok sayıda farklı haberleşme protokolünün kullanılması, RTU'nun programlanmasını zorlaştırır ve hataların oluşmasına neden olur. Ayrıca, RTU'nun programlanması ve farklı cihazların kullanılması sahada geçirilen zamanı artırır ve bu da operasyonel süreçlerde gecikmelere yol açar. Bu nedenle, RTU'ların doğru şekilde programlanması ve bakımı hayati önem taşır ve etkili bir SCADA sistemi için gereklidir.

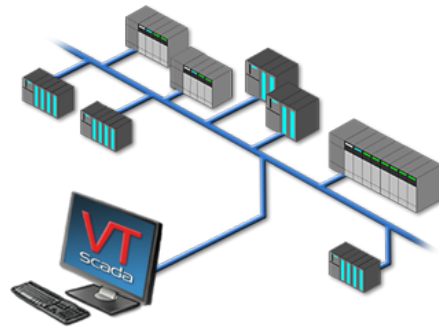
Sanal RTU, karmaşık programlama gerektirmeyen, sahadaki verileri tek bir platformda toplayarak hata oranını minimuma indirmeyi amaçlayan bir çözümdür. Web tabanlı bir uygulama kullanılarak, sahadaki kullanılan donanımların yerini alacak dijital bir platform tasarlanmıştır. Bu platform, otomasyon dünyası için yenilikçi bir ürün olup, verilerin iletilmesinin yanı sıra analiz edilmesi ve incelenmesi de sağlamıştır. Sanal RTU sayesinde, yapay zekâ veya makine öğrenmesi teknolojileri içeren dağıtım sistemleri gibi OMS (Operasyonel Yönetim Sistemi) ve DMS (Dağıtım Yönetim Sistemi) ile entegre çalışma mümkün hale gelmiştir. Bu sayede, mevcut RTU'larla sağlanamayan arıza tahmini gibi özelliklerin de entegre edilmesi mümkün olmuştur. Sanal RTU, endüstriyel süreçlerin daha verimli ve etkili bir şekilde yönetilmesine yardımcı olacak önemli bir adımdır.

Yapılan bu çalışmada, elektrik dağıtım sektöründe faaliyet gösteren şirketlerin izleme ve kontrol sistemlerinin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda, özgün bir yazılım tasarlanmış sektöre yenilikçi bir çözüm sunulmuştur. Çalışma kapsamında geliştirilen yazılım ile elektrik dağıtım işlemlerinin izlenmesi ve kontrol edilmesi için gerekli olan verileri

toplanmış ve analiz edilmiştir. Bu sayede, şirketlerin iş süreçlerini daha verimli bir şekilde yönetmeleri mümkün hale getirilmiştir. Çalışmanın hedefi, sektördeki şirketlerin teknolojik altyapılarını geliştirerek daha etkin ve başarılı bir şekilde faaliyet göstermelerine yardımcı olmaktır.

1.1. SCADA VE UZAKTAN İZLEME SİSTEMLERİ

SCADA, Supervisory Control And Data Acquisition kelimelerinin baş harfleri kullanılarak oluşturulmuş bir kısaltmadır. Türkçe karşılığı "Uzaktan Kontrol ve Gözleme Sistemi" olan SCADA, algılayıcılardan, haberleşme cihazlarından, bilgisayarlardan ve diğer aygıtlardan oluşan bir sistemdir ve denetlenebilir ve kontrol edilebilir bir sistemdir [1]. SCADA sistemleri, elektrik enerjisi üretimi, dağıtım ve iletiminde yaygın olarak kullanılmaktadır [2]. SCADA sistemleri, elektrik enerjisi hizmetinin günlük işleyişi için hayati öneme sahip birçok fonksiyonun gerçekleştirilmesi ve yürütülmesi için kullanılmaktadır. Bu fonksiyonlar arasında yük yönetimi, otomatik üretim ve iletim kontrolü, hataları tespit etme ve kesinti yapma, hizmeti yeniden sağlama gibi işlemler bulunmaktadır [3].



Şekil 1. Örnek SCADA Yapısı

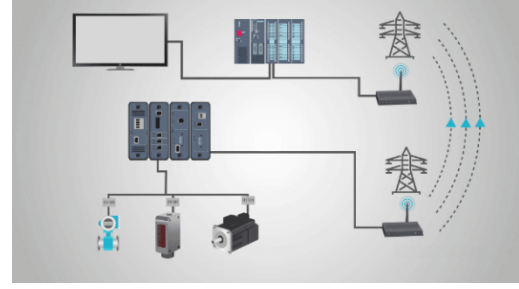
SCADA sistemi, çok sayıda uzak terminal birimini (RTU) içerir. Bu birimler saha verilerini toplar ve iletişim sistemi aracılığıyla bunları merkezi istasyona gönderir. Merkezi istasyon, elde edilen verileri gösterir ve operatörün uzaktan kontrol görevlerini gerçekleştirmesini sağlar. SCADA sistemlerinde aşağıdaki alt birimler bulunmaktadır;

- Alan seviyesinde enstrümantasyon ve kontrol aygıtları,
- Düzenlenmiş terminaller ve RTU'lar,
- İletişim sistemi,
- Ana istasyonlar,
- Veri işlem departmanı ile entegre bilgisayar sistemi.

Genellikle bir SCADA sistemi, süreçleri gerçek zamanlı olarak kontrol etmez, ancak süreçleri koordine eden bir sistemdir.

1.2. SCADA SİSTEM KAVRAMLARI

SCADA, genellikle uzak alanlara yayılmış karmaşık sistemleri kontrol eden ve izleyen merkezi bir sistemdir. Uzak terminal birimleri (RTU) veya programlanabilir mantık kontrolörleri (PLC) gibi otomatik kontrol cihazları neredeyse tüm kontrol işlemlerini gerçekleştirir. Veri toplama, PLC veya RTU düzeyinde ekipman durum raporlarını ve sayaç okumalarını içerir. Bu veriler, kontrol odası operatörü tarafından HMI kullanılarak kontrol edilir ve kontrol kararları alınır.



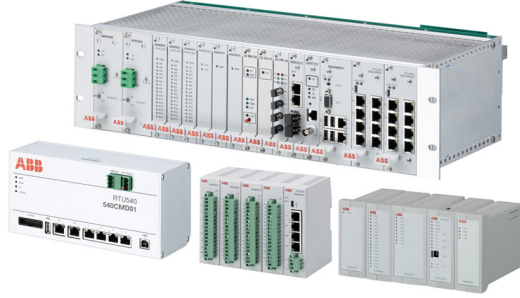
Şekil 2. Örnek Kablosuz Mimarili SCADA

SCADA sistemleri, dağıtılmış veri tabanları olarak bilinen etiket veri tabanları kullanarak genellikle nokta veya etiket adı verilen veri öğelerini içerirler. Bir nokta, sistemin kontrol ettiği veya izlediği tek bir giriş veya çıkış değerini temsil eder. Sistem çıktısının veya girişinin karmaşık olması durumunda, yumuşak nokta, diğer noktaların üzerinde uygulanan farklı matematiksel ve mantıksal işlemlerin sonucudur. Bu noktalar genellikle zaman damgası değer çiftleri olarak depolanır ve zaman damgası değer çiftlerinin serisi, belirli bir noktanın geçmişini gösterir. Etiketler aracılığıyla ek meta verileri saklamak yaygındır. Bu meta veriler, tasarım zamanı, alarm bilgileri, saha cihazına giden yolu veya PLC kaydına ilişkin yorumları içerebilir. Özellikle endüstriyel IoT uygulamalarıyla birlikte, SCADA sistemleri birçok alanda başarıyla kullanılmaktadır [4].

1.3. RTU

Uzak Terminal Birimleri (RTU), bir SCADA sisteminde bulunan donanım birimleridir ve bağlı oldukları merkezi sistem değişkenleriyle ilgili bilgileri toplayıp depolarlar. Ayrıca, belirli bir iletişim ortamı aracılığıyla bu bilgileri kontrol merkezine ileterek kontrol merkezinden gelen komutları uygularlar. Uzak Terminal Birimleri aynı zamanda buldukları konumda ölçüm ve

denetleme işlemleri yürüten birimlerdir [5],[6].



Şekil 3. Örnek RTU

SCADA sistemlerindeki RTU'lar, yerel ölçüm ve kumanda noktaları oluşturarak birbirlerine bağlanabilir ve Enerji İzleme Sistemlerindeki kesici ve ayırıcı cihazları kontrol edebilirler. Akım, gerilim, aktif ve reaktif güç, güç faktörü gibi değerleri ölçebilirler ve ayırıcı veya kesici durumlarını kontrol edebilirler (açık veya kapalı). RTU'lar tüm ölçüm sonuçları ile cihazların çalışma durumlarını (kesici açık, ayırıcı kapalı, vana açık veya kapalı, pompa çalışıyor veya duruyor gibi bilgileri) merkeze ileterek, merkezden gelen komutlara uygun işlemler yaparak kontrol ve kumanda sağlarlar. Bunun yanı sıra, RTU'lar ölçüm sonuçlarının belirli sınırlar içerisinde olup olmadığını denetleyerek, alarm veya aykırı durumlarını merkeze bildirme görevini de üstlenirler.

Scada sistemlerinde Uzak Terminal Birimleri (RTU) hayati öneme sahip donanım birimleridir. RTU'lar, sahada yer alan proses cihazlarını kontrol eder, veri toplar ve bu verileri merkezi yönetici SCADA sistemine aktarırlar. Bu cihazlar, birçok farklı cihazla haberleşebilirler, örneğin cep telefonları, taşınabilir bilgisayarlar gibi. RTU'lar, sabit giriş ve çıkışlarına sahiptirler; örneğin, 16 dijital giriş, 8 dijital çıkış, 8 analog giriş ve 4 analog çıkış gibi. Scada sistemi için RTU'lar hayati öneme sahip

olup, sahadaki cihazları kontrol etmek ve veri toplamak için vazgeçilmez bir araçtır.

Uzak Terminal Biriminin görevleri aşağıda sıralanmıştır;

- Bilgi toplama ve depolama,
- Kontrol ve kumanda,
- İzleme (monitoring),
- Arıza yeri tespiti ve izolasyonu.

1.4. ELEKTRİK DAĞITIM SİSTEMLERİ SCADA'SINDA KULLANILAN VERİLER VE ELDE EDİLMESİ

Ülkemizde, elektrik dağıtım sektöründe, sahalardan veri toplamak için en yaygın kullanılan haberleşme protokolü IEC 60870-5-104'tür. Bu protokol sayesinde, trafo merkezleri, üretim santralleri ve diğer merkezlerden çeşitli veriler toplanır. Bu mimaride, sahadaki diğer cihazlar, farklı protokoller kullanarak verileri okurlar. Bu veriler daha sonra IEC 60870-5-104 protokolüne dönüştürülerek, dağıtım şirketlerinin SCADA sunucularına gönderilmek üzere bir RTU cihazı tarafından toplanır.

Dağıtım şirketleri, kendi özel sinyal listelerine sahiptirler. Bu sinyal listeleri, sahada kurulum yapacak olan ekiplere verilir. Ekipler, sinyalleri elde etmek için Modbus, IEC 61850, IEC 60870-5-103 ve I/O kartlarını kullanırlar. Elde edilen sinyaller, sinyal listesinde belirtilen veri tiplerine dönüştürülerek IEC 60870-5-104 protokolü kullanılarak SCADA sunucusuna gönderilir.

2. MATERYAL VE METOT

Sanal RTU, gerçek zamanlı kontrol sistemleri için bir yazılım aracıdır. RTU (Remote Terminal Unit), bir kontrol sistemine bağlı olan uzaktaki bir cihazdır. Sanal RTU, bu uzak cihazların

işlevselliğini yazılım tabanlı bir sistemle taklit ederek, gerçek zamanlı kontrol sistemlerinde kullanılan donanım RTU'lara alternatif bir çözüm sunar [7].

Sanal RTU'lar, endüstriyel kontrol sistemleri, enerji santralleri, su arıtma tesisleri, petrol ve gaz boru hatları, taşımacılık sistemleri gibi birçok alanda kullanılır. Sanal RTU'lar, gerçek RTU'lara kıyasla daha ucuz, daha esnek ve daha hızlı bir seçenek olarak görülmektedir [8].

Sanal RTU yazılım aracının kullanımı ve faydaları üzerine odaklanmaktadır. Sanal RTU'ların, geleneksel RTU'lara kıyasla daha az güvenlik açığına sahip olduğunu gözlemlenmiştir. Ayrıca, sanal RTU'ların kurulumu ve konfigürasyonu daha kolay ve hızlıdır [9].

Bu alanda yapılan çalışmalar, sanal RTU'ların, endüstriyel işletmelerdeki operasyonel maliyetleri düşürdüğünü ve enerji verimliliğini artırdığını göstermektedir. Sanal RTU'lar ayrıca, uzaktan erişim ve yönetim için daha uygun bir seçenek olduğu için uzaktan çalışan ekipler tarafından da sıklıkla kullanılır [10],[11].

2.1. KONTROL VE İZLEME DONANIMLARININ SANALLAŞTIRILMASI

Otomasyon sistemleri genellikle birden fazla sunucu, kontrolör ve operatör istasyonundan oluşur. Sunucular, sistemdeki verileri barındırır ve kontrolörler aracılığıyla sahadaki cihazlara verileri iletilir. Birçok otomasyon markası, erişim güvenliği yönetimini merkezi olarak kontrol edebilmek için server/client mimarisini kullanır. Bu mimaride kullanıcılar, sunuculardan veri alabilir ve kontrolörlerle iletişim kurabilirler.

Otomasyon sistemi sanallaştırmasında ideal yapı; iki yedekli sunucu (server), ortak bir depolama birimi (storage) ve bir NAS (Ağa Bağlı Depolama) backup cihazından oluşmaktadır. Sistemdeki sanal makineler ortak saklama birimi (storage) içinde tutulurken, iki sunucu da koşturdukları sanal makinelerin donanım ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde konfigüre edilir. NAS (Ağa Bağlı Depolama) cihazı düzenli şekilde ve istenen periyotlarda backup alarak sistemin olağanüstü durum emniyetini sağlar.

Bu sistemde, tüm sanal sistemler VMware vCenter uygulaması aracılığıyla yönetilir. Bu uygulama, yeni sanal makineler oluşturmanıza ve mevcut makinelerde değişiklik yapılmasına olanak sağlar. Ayrıca, DCS (Dağıtık Kontrol Sistemi) tarafından kullanılan ağ yapısını da sanallaştırarak, sanal ağ üzerinden bu makinelerin iletişimini sağlanabilir.

Sanallaştırma, sistemlerin kullanım ömrünü uzatan bir çözümdür. Örneğin, eski bir Windows versiyonu kullanıldığında ve bu Windows'un çalıştığı sunucu veya bilgisayar arızalanırsa, sistemde aksaklıklar yaşanabilir. Bu sorunun çözümü, donanımı tamir etmek veya değiştirmek olabilir, ancak bu işlemler zaman alıcı, maliyetli ve hatta mümkün olmayabilir. Bu nedenle, donanıma bağımlı fiziksel sistemlerin birçok zayıf noktası vardır. Sanallaştırma, bu bağımlılığı ortadan kaldıran en iyi çözümdür, çünkü sanal sistemler donanıma bağımlı değildir ve bu nedenle arızalı donanımın neden olduğu sorunları minimize eder.

Sanal sistemler her ne kadar belirli bir donanım üzerinde çalışsa da donanımdan bağımsız yapılardır. Herhangi bir arıza

durumunda sistemdeki herhangi bir sanal makineyi başka bir donanım üzerinde çalıştırabilir ve sisteminizi hiç durdurmadan mevcut çalışmayı sürdürebilir.

Sanallaştırma ile;

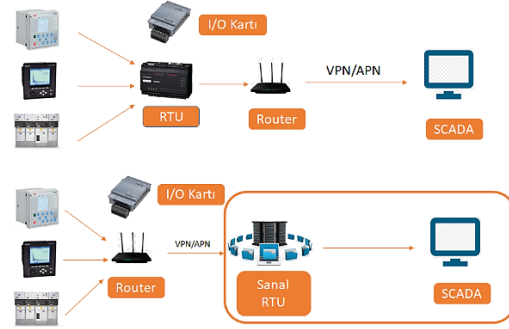
- Sistemin kesintisiz bir şekilde çalışması,
- Tek merkezden bütün sistemin kontrolü,
- Donanım arızalarından minimum etkilenme,
- Hızlı konfigürasyon ve kolay sistem genişlemesi,
- Daha düşük maliyetle büyük sistemler kurulması

vb. gibi faydalar sağlanmıştır.

3. SONUÇLAR

Geliştirilen bu proje ile MODBUS TCP, IEC 60870-5-104 protokolü ile okuma

işlemleri ve veri tabanına yazma işlemi gerçekleştirilmiştir.



Şekil 4. Tasarlanan Sistem Yapısı

Elektrik dağıtım sektöründe yoğun kullanıma sahip ölçü ve koruma cihazlarının haberleşme protokollerine göre veri adreslerinin çıkarılmıştır ve uygun formatta bir kütüphane oluşturulmuştur.

Tablo 1. Sinyal Listesinin Bir Bölümü

H03 (Toprak Anahtarla Ayırma/Bağlama - Transformatör Koruma Hücresi)	IO3	IO2	IO1	Tip	IEC104
Bara Anahtarı Açık (Konum Göstergesi)	34	3	1	DP	2228993
Bara Anahtarı Kapalı (Konum Göstergesi)	34	3	1	DP	2228993
Toprak Anahtarı Açık (Konum Göstergesi)	34	3	4	DP	2228996
Toprak Anahtarı Kapalı (Konum Göstergesi)	34	3	4	DP	2228996
Devre Kesici Açık (Konum Göstergesi)	34	3	0	DP	2228992
Devre Kesici Kapalı (Konum Göstergesi)	34	3	0	DP	2228992
Devre Kesici Açık (Kontrol)	34	3	0	DP	2228992
Devre Kesici Kapalı (Kontrol)	34	3	0	DP	2228992
Sabit Zamanlı Kesme, Anahtar 1	34	3	22	SP	2229014
Sabit Zamanlı Kesme, Anahtar 2	34	3	22	SP	2229024
Sabit Zamanlı Kesme, Toprak Anahtarı 1	34	3	25	SP	2229017
Sabit Zamanlı Kesme, Toprak Anahtarı 2	34	3	26	SP	2229018
Ters Zamanlı Kesme, Anahtar	34	3	24	SP	2229016
Ters Zamanlı Kesme, Toprak Anahtarı	34	3	27	SP	2229019

Sanal RTU'ların görüntülendiği ve ilgili ayarların ve düzenlemelerin yapıldığı sayfa tasarımı yapılmıştır.

ID	RTU Adı	WAN IP	Port	Durum	Aksiyon
2	pl0123456789	10.0.0.0.0	502	Aktif	
1	pl0123456789	10.0.0.0.0	502	Aktif	
4	rtu001	10.0.0.0	502	Aktif	
6	Durumu RTU 01.12.2021	10.0.0.0	502	Faali	
5	pl0123456789	10.0.0.0	502	Çalış	
4	rtu001	10.0.0.0	502	Çalış	
3	rtu001	10.0.0.0	502	Çalış	
2	rtu001	10.0.0.0	502	Çalış	
1	rtu001	10.0.0.0	502	Çalış	
0	rtu001	10.0.0.0	502	Çalış	
13	rtu001	10.0.0.0	502	Çalış	

Şekil 5. Geliştirilen Sanal RTU Anasayfası

Bu alanda ID, RTU Adı, WAN IP, Port, Durum bilgileri yer alır. Bu bilgiler alan adı alanından sıralanabilir ve filtrelenebilir. Filtreleri Sıfırla butonu ile önceden uygulanan bütün filtreler kaldırılır. Sıralamayı Sıfırla butonu ile önceden uygulanan sıralama kaldırılır ve liste default haline geri gelir.

Geliştirilen yazılımda Sanal RTU ekleme, Sanal RTU Detay; Cihaz Ekle, Network Ekle, Cihaz Yönetimi, Sinyaller, Sinyal Ekle, Data, İstatistikler, Raporlama ve Kullanıcı Yönetimi gibi işlevsel araçlar yer almaktadır.

Günümüzde elektrik dağıtım şirketlerinin operasyon süreçlerinde neredeyse zorunluluk haline gelen SCADA izleme ve kontrol sistemlerinin temel elemanı olan RTU cihazlarının sahadaki fiziksel varlık zorunluluğunun ortadan kaldırılmıştır. Geliştirilen platform aracılığıyla kısıtlı yetişmiş personel imkânlarına sahip olan ve yönetim-hata giderme süreçlerinde sıkıntılarının bulunduğu SCADA devreye alma süreçlerinin basit, verimli ve efektif bir hale getirilmesi sağlanmıştır.

4. TEŞEKKÜR

Bu çalışma EPDK tarafından 01.03.2021 tarihli 01/21/01-02 kabul numarası ile desteklenen ve ADM EDAŞ elektrik dağıtım bölgesinde gerçekleştirilen “Sanal RTU” Ar-Ge projesi kapsamında desteklenmiştir.

5. KAYNAKLAR

- [1] D.J. Gaushell, H.T. Darlington, “Supervisory Control and Data Acquisition”, Proceeding of IEEE, 1987
- [2] Chen, B., Pattanaik, N., Goulart, A., Butler-Purry, K. L., & Kundur, D. (2015, May). Implementing attacks for modbus/TCP protocol in a real-time cyber physical system test bed. In 2015 IEEE International Workshop Technical Committee on Communications Quality and Reliability (CQR) (pp. 1-6). IEEE.
- [3] Queiroz, C., Mahmood, A., & Tari, Z. (2011). SCADASim—A framework for building SCADA simulations. IEEE Transactions on Smart Grid, 2(4), 589-597.

- [4] Stoian, I., Capatina, D., Ignat, S., & Ghiran, O. (2014, May). SCADA and modeling in water management. In 2014 IEEE International Conference on Automation, Quality and Testing, Robotics (pp. 1-6). IEEE.
- [5] EMO, Kontrol Sistemleri – SCADA, Kasım 2012Megep, Elektrik Elektronik Teknolojisi SCADA Sistemleri, 2007
- [6] NCS, Technical Information Bulletin 04-1, Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) Systems, 2004
- [7] S. S. Sritharan, S. S. Karthikeyan, ve M. N. Giriprasad, "Virtual RTU Implementation for Power System Automation," 2017 IEEE International Conference on Smart Technologies and Management for Computing, Communication, Controls, Energy and Materials (ICSTM), 2017.
- [8] A. Garza, "Virtual RTUs: What They Are and Why You Need Them," Water Online, 2018.
- [9] C. Zhang, X. Xia, ve C. Liu, "A Virtual RTU Based Power Quality Monitoring System," 2015 IEEE International Conference on Cyber Technology in Automation, Control, and Intelligent Systems (CYBER), 2015.
- [10] S. S. Sritharan, S. S. Karthikeyan, ve M. N. Giriprasad, "Virtual RTU Based Online Transient Stability Analysis," 2017 International Conference on Intelligent Computing, Instrumentation and Control Technologies (ICICT), 2017.
- [11] B. Tian, X. Wang, Y. Luo, ve C. Luo, "Design and Implementation of Virtual RTU for Power System," 2019 International Conference on