



SU DAĞITIM SİSTEMLERİNDE SCADA UYGULAMASI

(SCADA APPLICATION IN WATER DISTRIBUTION SYSTEMS)

Serdar GÜNDOĞDU*, Özge ŞAHİN**

ÖZET/ABSTRACT

Günümüzde SCADA teknolojileri, endüstriyel otomasyonda bulunan kontrol sistemlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. SCADA sistemleri sayesinde geniş olarak coğrafi bölgelere yayılmış olan su üretim ve dağıtım donanımları izlenebilir; kontrol edilebilir. Su dağıtım sistemleri, çoğu zaman su depoları, pompa istasyonları ve su arıtma tesisleri gibi birçok bileşenden oluşmaktadır. Temiz suyun sağlıklı olarak tüketici musluklarına dağıtım yapılabilmesi için dağıtım bileşenlerinin sürekli olarak kontrol edilmesi ve gözlem altında tutulması gerekir.

Bu çalışmada ilk olarak şehir suyu şebeke sisteminde kullanılan su dağıtım bileşenleri araştırılmış ve teknik özellikleri hakkında bilgi verilmiştir. Sonraki bölümlerde, SCADA sistemleri ve temel bileşenleri, bir SCADA sistemi planlaması için gerekli kontrol ekipmanları ve sensörleri ve Uzak Terminal Birimlerin(RTU) standart ve teknik özellikleri açıklanmıştır. Son olarak, bir pompa istasyonu modelinin planlaması yapılmıştır. Bu istasyon dört adet motor-pompa ve birçok algılayıcı donanıma sahiptir. Model içindeki motor-pompalara kumanda etmek ve algılayıcılardan geri besleme bilgilerini almak için mikroişlemci tabanlı bir RTU kullanılmıştır.

Nowadays, technologies of SCADA are widely used in control systems in industrial automation. SCADA systems provide monitoring of water production and distribution systems that are geographically distributed to extensive areas. Water distribution systems often consist of a large number of components such as water reservoirs, booster pumping stations, and water treatment plants. The components should be controlled and monitored continuously for providing treated water to be delivered to consumer tap.

In this study, first of all, water distribution system components which are used in urban water network system are examined and technical specs of these components are given. In proceeding sections, standard and technical specifications of SCADA systems and their major components, required control equipment for planning a SCADA system, sensors, RTUs are explained. At last, water distribution system is planned for a booster pump station model. This station has four motor-pumps and a large number of detectors. A microprocessor based Remote Terminal Unit (RTU) is used in order to control motor-pumps and get feedback from the booster pump station.

ANAHTAR KELİMELER/KEYWORDS

Su dağıtım, Pompa istasyonu, SCADA sistemi, Sensörler, Uzak Terminal Birimi
Water distribution, Pump station, SCADA system, Sensors, Remote Terminal Unit (RTU)

* İZSU Genel Müdürlüğü, Su Dağıtım ve Kontrol Şube Müdürlüğü, Halkapınar-İZMİR

** DEÜ, Mühendislik Fak., Elektrik ve Elektronik Müh. Bölümü, 35160 Buca, İZMİR

1. GİRİŞ

SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition), izleme ve kontrol fonksiyonlarını yerine getiren, sahadaki olaylara anında tepki veren, geniş veritabanlı bilgisayar sistemi olarak tanımlanır. Son yıllarda, SCADA sistemleri, otomatik kontrol ve bilgi aktarımı için önemli teknolojik yapılar haline gelmiştir. Veri toplamadan tarihsel veri arşivleme, özel uygulama hesaplamalarına kadar tüm SCADA istek ve görevlerini yerine getirirler. SCADA sisteminde üç ana bileşen vardır. Bu bileşenler; merkezde bulunan ana istasyon, Uzak Terminal Birimleri(RTU'lar) ve ana istasyon ile RTU'lar arasındaki haberleşme ortamlarıdır (Sandia National Labs, 2007).

Veri elde etme, elde edilen bu verilerin operatörler tarafından işlenmesi ve operatör kontrollü uzak terminaller, bütün modern kontrol sistemlerinin ana yapı taşlarıdır (Gaushell ve Darlington, 1987). SCADA sistemi karmaşık bir yapıdır ve organizasyon için uzun süreli bir yatırımdır. Bu nedenle, organizasyonlar en etkili sistemleri sağlamak için dikkatli bir şekilde ve mantıksal adımlarla ilerlemeli, var olan ve gelecekte olası gereksinimleri karşılayacak düzenlemeleri yapmalıdır (McDonald, 1993).

RTU mimarisi, çok fazla sinyalin işlenebilmesine olanak tanıyan, basit ve ekonomik yapıda olmalıdır (Carrapatoso ve Gomez, 1997). Sensör ve aktüatörlerin konfigürasyonu, RTU üretici firması ve modeline bağlı olarak RTU'da kullanılacak olan giriş, çıkış tiplerini ve miktarlarını belirler. Modüller giriş/çıkış, sayısal/örneksel veya herhangi bir kombinasyon için tasarlanmıştır (Venkatraman, 2006; Clarke ve Reynders, 2004; National Transportation Safety Board, 2006).

Yapılan bu geniş kapsamlı çalışmada temel su dağıtım sistemleri, genel SCADA mimarisi, RTU'lar, haberleşme için gerekli teknikler, standartlar ve protokoller ele alınmıştır. Ayrıca, temel bir su dağıtım sistemi için kurulacak SCADA sisteminin planlaması yapılmıştır.

2. İÇMESUYU DAĞITIM SİSTEMLERİ

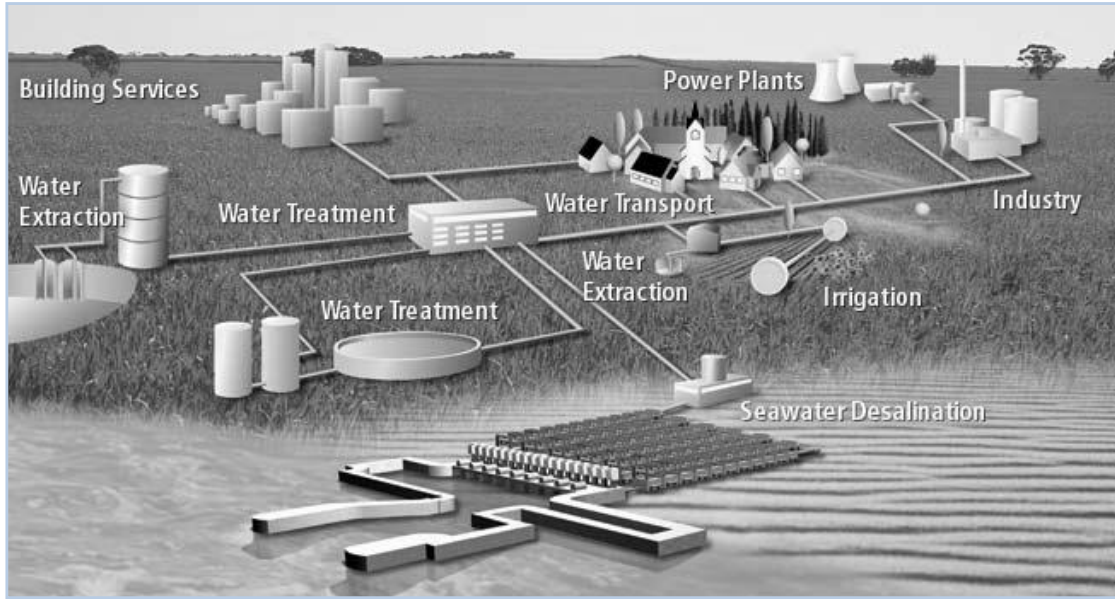
Suyun kullanım alanları, genelde ticari, endüstriyel, kamu ve tarımsal alanlar olarak sınıflandırılırlar. Bir dağıtım sistemi, üretimden çekilecek su miktarını tüketime göre ayarlamak şeklinde tasarlanmalıdır. Su şebeke dağıtım sistemleri borular, vanalar, yangın muslukları, depolar ve pompa istasyonlarından oluşmaktadırlar. Depolar, pompalar ve vanalar su şebekesinin gereksinimi olan basınç ve debiyi düzenlerler. Ayrıca su şebekesini yönetmek için yardımcı pompa istasyonları ve arıtma sistemleri kullanılmaktadır.

2.1. Su Kaynakları ve Şebeke Bileşenleri

Su dağıtım sistemi, su temini yapılan kaynaklar ile tüketici arasındaki temel bağlantıdır. Canlıların içmesuyu ihtiyaçları, yeryüzü ve yer altı kaynaklarından karşılanır (Davis ve Sorensen, 1969). Yeryüzü kaynakları göllerden, nehirlerden oluşmaktadırlar. Yer altı su kaynakları ise yağışlarla yer yüzüne inen suların geçirimsiz tabakadan yer altına sızarak, yer altında biriken sulardan oluşmaktadır (Office of Drinking Water, 2007).

Su kaynağı ne olursa olsun son kullanıcıya kadar iletimi düzenli bir şekilde yapılmalıdır. Kaynaktan arıtma sistemlerine kadar iletim hatları su kemerleri, şebeke boruları ve açık kanallardan oluşmaktadır. Yaygın olarak kullanılan şebeke boruları betonarme, asbest, bükülebilir demir, çelik veya plastikten inşa edilir ve tehlikelere karşı yeraltına yerleştirilir. Tüketicilerin kullandığı yerlerin yüksekliğine bağlı olarak normal su dağıtımı için su hattında belirli bir basıncın olması gerekir. Şebeke hattındaki suyu daha yüksek yerlere basabilmek için pompalar kullanılır. Bir motor-pompa enerjilendirerek suyu düşük basıncından yüksek

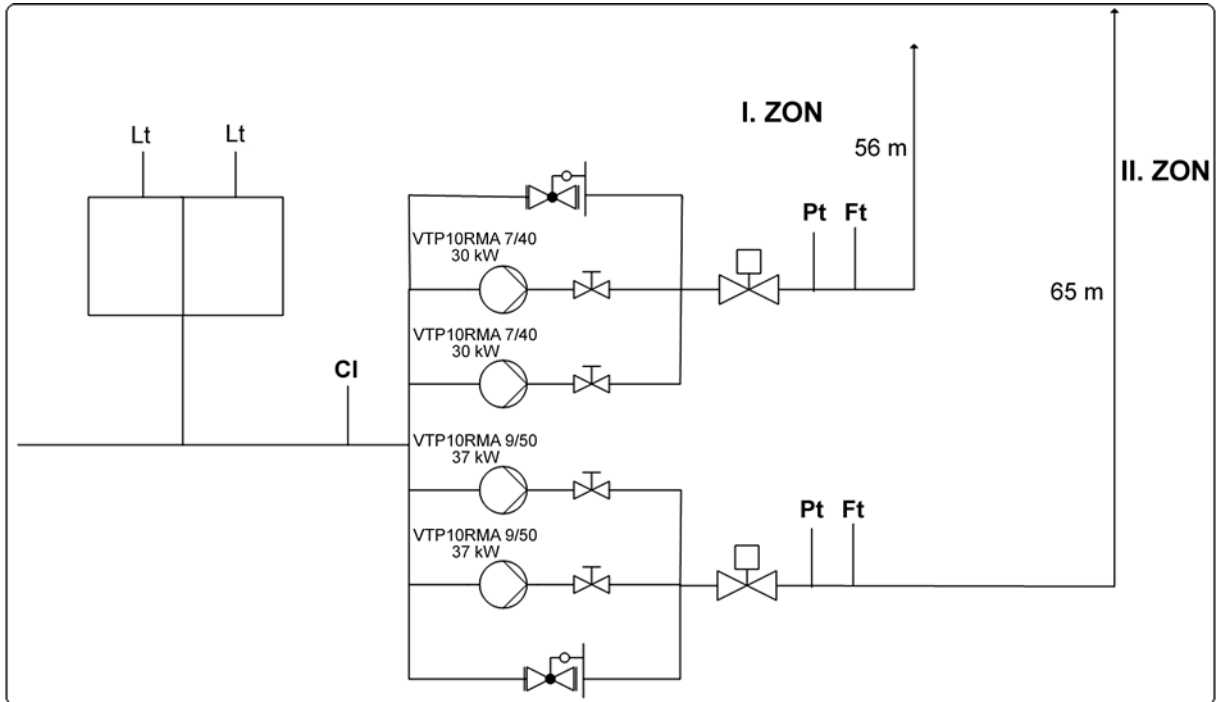
basınca çıkarmaktadır. Santrifüj pompalar, su üzerinde santrifüj kuvveti sayesinde mekanik enerjiyi hidrolik enerjiye çevirirler.



Şekil 1. İçmesuyu kaynakları ve su tüketimi

2.2. Yardımcı Pompa İstasyonu Model Tasarımı

Pompa istasyon tasarımında ilk dikkat edilecek nokta, pompalanan suyun kalitesinin sürdürülmesidir. Genellikle, pompa istasyonları açık ve kapalı çalışma sistemleri olmak üzere iki şekilde sınıflandırılabilir. Tasarımı yapılan pompa istasyonu kapalı bir sistem mantığı ile çalışır. Sistem için gerekli parametreler ve hesaplamalar bu çalışmada ele alınmıştır. Tasarımı yapılmış pompa istasyonu Şekil 2’de gösterilmektedir.



Şekil 2. Tasarımı yapılmış pompa istasyonu

Tesislerin çalışması mevcut su kaynakları, arıtma işlemleri, depolama ve pompalama kapasiteleri, hesaplanan su girişi ve ihtiyaçlara göre değişir.

3. SCADA SİSTEMLERİ

Veri Tabanlı Kontrol ve Gözetleme Sistemleri (SCADA), genelde bir ana (master) istasyon ve coğrafi olarak dağıtılan birçok RTU'dan oluşur. RTU'lar SCADA merkezinde bulunan ana istasyonlara radyo linkleri, kablolar, kiralık hatlar ve mikrodalga gibi bir çok haberleşme birimleri kullanılarak bağlanırlar (Gaushell ve Block, 1993). SCADA genelde dağıtım yapılan yerlerde kullanılan bir kontrol sistemi teriminin adıdır. RTU'lar marka ve modeline bağlı olarak farklı boyut ve işlevleri olan Uzak Terminal Birimleridir. RTU'larda toplanan veriler örneksel girişler, sayısal girişler, akümülator girişler ve kontrol çıkışları içerir. Ayrıca mikroişlemci yapı içeren akıllı RTU'lar, hesap yapabilme özelliğine sahiptir.

3.1. SCADA Kullanılarak Su Dağıtım Sisteminin Denetlenmesi

Su dağıtım sistem endüstrisinde, SCADA sistemleri dağıtımda kullanılan şebeke hatları, vanalar, depolar ve pompa istasyonlarında kurulu olan sensörlerden bilgi toplama ve operatörler tarafından istenen kumanda işlemlerini uzak terminaller aracılığıyla gerçekleştirmek için kullanılır. Bu endüstri uygulamaları için SCADA merkezinde bulunan ana kontrol bilgisayarı, sahada bulunan sensörlere (debimetre, basınç, sıcaklık, kimyasal sensörler vb.), ve dağıtım elemanlarına (pompalar, vanalar, kontrol birimleri vb.) haberleşme vasıtasıyla bağlanır. Bu haberleşme bağlantısı kiralık telefon hatları, GPRS, uydu ve radyo gibi yöntemlerle yapılır.

Teknolojini hızla gelişmesi ile SCADA sistem kurmanın maliyetleri de azalmış olup, su dağıtım sistem SCADA'sı kurulmasında çok büyük faydalar getirmiştir. Hatta teknolojik ilerlemeler SCADA fonksiyonelliğini çok büyük oranda geliştirmiştir. SCADA geliştiricilerin bir çok analitik araç eklemeleriyle, şebeke boruları daha iyi izlenebilmektedir.

3.2. SCADA Sistem Mimarisi

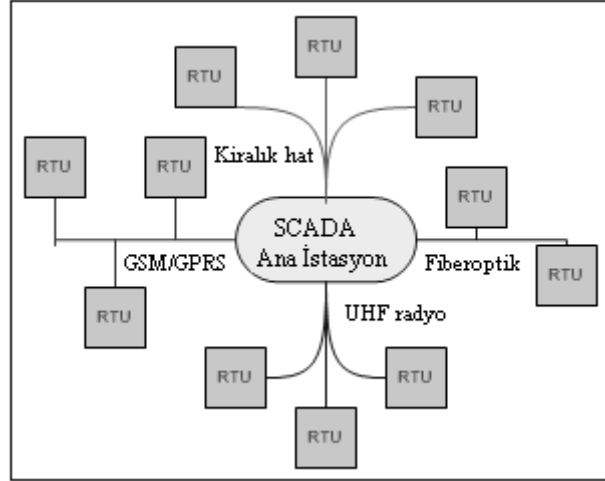
SCADA sisteminin mimari yapısı seçilirken çalışma prensibi mutlaka tanımlanmalıdır. Sahada oluşan olaylar, önceden belirlenmiş ölçütlere göre merkeze anında aktarılmalı ve işlenmeli, veritabanında kayıt altına alınarak tarihsel bilgi olarak tutulmalıdır. Bilgisayar teknolojisine bağlı olarak SCADA elektrik, kimya, ulaşım sektörü gibi alanlarda çok yaygın olarak kullanılmaktadır (Chen vd., 2000). En son teknoloji ile desteklenen yeni bir SCADA sisteminde gereksinimler:

- ◆ Genişletilebilirlik ve esneklik,
- ◆ Uluslar arası standartlara uyumluluk,
- ◆ Yüksek güvenilirlik,
- ◆ Yüksek fonksiyon özelliği ve yüksek performans,
- ◆ Yüksek seviyede operatör arayüzü.

Uygulama yazılımlarındaki gelişmeler, SCADA sistem gelişmelerinde çok önemli bir rol oynar. Sistem ve yazılımları, gerçek zamanlı, olaylara hızlı cevap verebilen, yüksek güvenilirlikli, kolay genişleyebilen yapıda ve güçlü bir ağ haberleşmesine sahip olmalıdır (Eliop, 2006). Kullanılan tüm birim ve arayüzler (çoklu ekran özelliğine sahip sinoptikler, pencere tabanlı yazılım vb.) sayesinde, operatör ve sistem kullanıcıları herhangi bir prosesi basit olarak gözlemleyebilir ve kontrol edebilirler (Daneels ve Salter, 1999).

3.3. SCADA Sistem Haberleşmesi

SCADA sistemleri için seçilmiş olan haberleşme yapısı ve yöntemleri, bazı parametrelere bağlıdır. Bu yüzden SCADA sistem donanımları farklı haberleşme yöntemleri ile uyumlu çalışmalıdır. Şekil 3’de gösterildiği gibi SCADA sistemlerinde kullanılacak birçok iletişim ortamı vardır.



Şekil 3. SCADA haberleşme yöntemleri

SCADA haberleşme mimarisi aşağıda belirtilen etkenlere göre belirlenmektedir.

- ◆ Sistemde kullanılacak RTU'ların sayısı,
- ◆ RTU'ların yerleşimi,
- ◆ RTU'ya bağlı birimler ve bu birimlere ulaşım hızı,
- ◆ Elde bulunan haberleşme kolaylıkları,
- ◆ Ulaşılabilecek haberleşme teknikleri ve araçları.

3.4. Standartlar ve Protokoller

SCADA sistemi içerisinde iletişim yollarına dağıtılmış kontrol sistem öğeleri ve Uzak Terminal Birimlerinin haberleşebilmeleri belirli standartlar ve iletişim protokolleri sayesinde gerçekleşir. Ayrıca sistemde kullanılan her bir sensör ve aktüatör özel protokole sahiptir. Sensörlerin ve aktüatörlerin tasarım ve üretim özellikleri, özel endüstriyel elemanların (vana, ölçüm ekipmanları gibi) mühendislik ihtiyaçlarıyla ilgilidir. Ekipmanların güvenlik toleransı, ölçüm aralıkları, çevresel önlemler gibi parametreler tipik olarak ISO ve IEC tarafından yayınlamıştır.

RTU'ların tasarım ve programlarına ait genel standartlar, IEC'nin iki çalışma grubu olan "Endüstriyel Proses Ölçüm ve Kontrol Grubu" ile "IT Uygulama Grubu", tarafından geliştirilmiştir.

4. SCADA EKİPMANLARI

Otomasyon, üretimde ve endüstriyel süreçlerde operatörlere ve sistem kullanıcılarına gerçek zamanlı olarak sahada gerçekleşen olayları görüntülemek ve kontrol etmek için kullanılır. Bir kontrol sistemi, bu süreçleri görüntülemek, denetlemek, ve toplanan verileri yönetmek için kullanılan donanım, yazılım ve prosedürlerden oluşmaktadır. RTU'lar, sensörler, aktüatörler ve merkezde bulunan ana RTU'nun tasarım ve fonksiyonları,

ekipmanlar arasındaki iletişim uygulamaları, üretim ve kontrol edilen endüstriyel sürece bağlı olarak farklılık gösterebilirler.

4.1. Sensörler

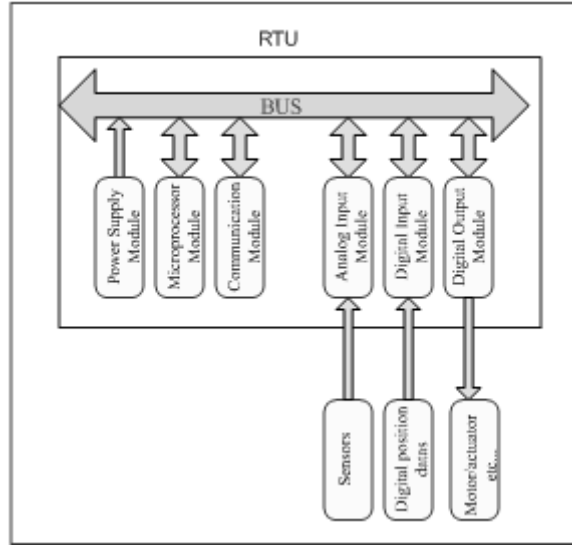
Kontrol sistemlerinin felsefesi, “eğer ölçebiliyorsan kontrol edebilirsin” mantığına dayanır. Sensörler ölçümleri, aktüatörler ise kontrol işlemlerini gerçekleştirirler. Sensörler seviye, basınç, debi, akım, gerilim, sıcaklık, binary durumlar veya bazı dıştan gelen uyarıcı tepkilerini ölçerler. Elde edilen veri sayısal veya örneksel olabilir. Gerçek zamanlı izleme ve su dağıtım kontrol sistemi için uygun olan enstrümantasyonların bazıları aşağıdaki gibi tanımlanabilir:

- ◆ Seviye bilgileri (Kullanılan depolar için),
- ◆ Debi akış bilgisi (Hat üzerinden geçen anlık ve toplam debi değerleri için),
- ◆ Basınç bilgileri,
- ◆ Suyun kalite ölçümleri (Klor, pH, İletkenlik vb.),
- ◆ Motor sıcaklık bilgileri,
- ◆ Vana pozisyonu,
- ◆ Elektriksel değerler (Akım, Gerilim ve Güç),
- ◆ Enerji bilgileri (Aktif, Reaktif),
- ◆ Pozisyon bilgileri (Açık/Kapalı bilgileri).

4.2. Uzak Terminal Ünitesi-RTU'lar

Bir Uzak Terminal Birimi (RTU), uzak konumdaki sensörlerin ve aktüatörlerin kontrol ve görüntülenmesi, bir merkezi izleme istasyonununa veri gönderilmesi ve bu merkezden gelen kumanda sinyallerini gerçekleştirmede kullanılır. Şekil 4’de tipik bir RTU’nun şematik bir gösterimi yer almaktadır. Bir RTU temel olarak güç kaynağı, bir mikroişlemci (CPU), hafıza birimleri, birçok giriş ve çıkış modüllerinden meydana gelmektedir. CPU bazı arayüzlerle sensör ve aktüatörlerle; seri port, Ethernet port veya bazı diğer arayüzleri kullanarak merkez istasyonla haberleşmeyi denetler.

CPU’da ve RTU programlama kabiliyetindeki gelişmeler, görüntüleme ve kontrolde birçok deneyim kazanılmıştır. Daha önce merkez istasyonda programlanan uygulamalar, RTU’da da programlanabilir. Sensörlerin ve aktüatörlerin konfigürasyonu, model ve üretime bağlı olarak bir RTU’da gerekli olan giriş ve çıkış tip ve miktarlarını belirler. Modüller sadece giriş/çıkış, örneksel/sayısal ve herhanbir bir kombinasyon için tasarlanabilir. RTU yazılımı, gerçek zamanlı, çoklu işletim sistemi üzerine kurulur.



Şekil 4. Tipik bir RTU diyagramı

4.3. Üç-Fazlı Motorlar için Yıldız/Üçgen Kumanda Yöntemi

Yıldız/Üçgen kumanda sistemleri, 50 Hz'lik şebekelerde motora ilk yol verme sırasında gerilim değeri düşürülerek kullanılan bir yöntemdir. Bu sistemler, motora yol verme sırasında elektrik kaynağı üzerinde girişim ve bozuklukları azaltarak motor kalkış akımını düşürmek için kullanılır. Yıldız/Üçgen yol verme uygulanabilen en ucuz elektromekanik gerilim düşürücü yöntemdir. Bu çalışma tipi, açık geçiş anahtarlama olarak adlandırılır, çünkü yıldız ve üçgen durum arasında bulunan açık bir durumdur.

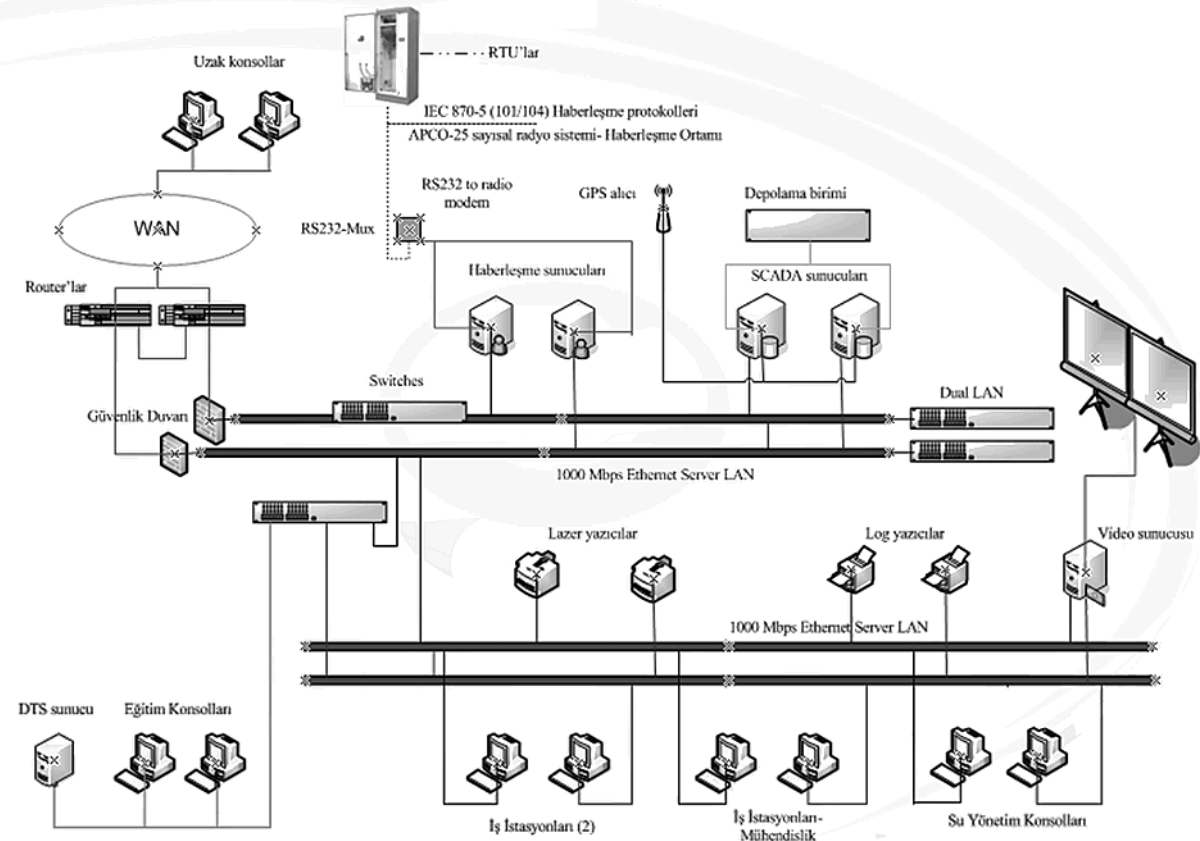
5. SİSTEM PLANLAMASI

Bu çalışmanın amacı, içme suyu dağıtım tesislerinde kurulacak bir SCADA sistemi için gerekli donanım, yazılım ve haberleşme seçeneklerini göstermektir. Önerilen yapı sayesinde, SCADA sistemi kapsamında olan tüm istasyonlar sürekli izlenecek, merkezden gerekli istasyonlar kontrol edilecek ve istasyonlardan alınacak ölçümlerle ilgili istatistiksel bilgiler elde edilecektir. SCADA sistemini gerçekleştirmek amacıyla önerilen bileşenler aşağıda başlıklarla sıralanmıştır:

- ◆ Merkezi kumanda ve izleme bilgisayarı üzerinde çalışacak, endüstriyel standartlara uygun, gelişmiş bir SCADA yazılımı,
- ◆ İstasyonlara kurulacak mikrobilgisayar tabanlı akıllı RTU'lar,
- ◆ Merkez ile RTU'lar arasında ve RTU'ların kendi aralarında iletişimi sağlayacak iletişim ortamı,
- ◆ İstasyonlarda tesis edilecek enstrümantasyon donanımı.

5.1. Su Dağıtım SCADA'sının planlanması

Su dağıtım sistemlerinin görevi, suyu kaynaktan çekip arıtarak gerekirse depolama ve diğer işleri yaparak kullanıcı her nerede olsa olsun ihtiyaç noktalarına taşınmasını sağlamaktır. Suyun arıtma tesislerinden tüketicilere kadar ulaşması, şebeke boruları, depolama tankları, pompalar ve vanalar vasıtasıyla gerçekleşir. Bu proje içerisindeki su dağıtım sistem bileşenleri 4 baraj, 4 arıtma sistemi, 38 pompa istasyonu, 54 depolama tankı ve 20 vanadan oluşmaktadır. Ele alınan bu sistemde kullanılacak RTU sayısı 120'dir.



Şekil 5. Önerilen SCADA mimarisi

SCADA sistemleri kritik görev uygulamaları için uluslararası standartlara uygun, yüksek teknoloji ürünlerine sahip, modüler olarak genişleyebilen ve açık bir yapıya sahip olmalıdır. Önerilen mimari yapı Şekil 5’de gösterildiği gibi olmalıdır.

SCADA sistemleri, bir merkez bilgisayar, Uzak Terminal Birimleri (RTU) ve ana merkez arasında transfer edilen verileri kapsar. Haberleşme ağı, farklı sitelerden ve transfer edilen verilerin ihtiyaç duyduğu ekipmanlarla ilgilidir. Haberleşme için kablo, telefon veya radyo kullanılabilir (Gundogdu ve Şahin, 2007). SCADA sistemleri genellikle değişik formlardan oluşmaktadır. Bu projede düşünülen her RTU ve merkez birbirlerinden uzak konumdadır. Geniş coğrafi alanlar nedeniyle bu projede kablolu haberleşme pratik değildir. Uzak sitelere çoğunlukla telefon hatlarıyla erişilemez. Bu uzak terminallere iletişim kurabilmek için GSM, GPRS, radyo ve uydu methodları kullanılabilir. Radyo seçimi, bu proje için en ekonomik çözümdür. Radyo modemler uzak terminallerden merkeze bağlanmak için kullanılırlar. Radyo sistemleri ilk kurulum aşaması pahalıdır. Bir çok durumda radyo ölçüm çalışmaları ve radyo ekipmanlarını lisanslı kullanmaya ihtiyaç duyulabilir. Donanım olarak anten, kablo, radyo frekansı, kuleler, haberleşme ağı vb. için ekipmanlar gereklidir. SCADA radyo haberleşme sistemleri için tipik maksimum veri alışverişi 9,6 kbps’dir.

Bu çalışma için yeterli veri alışverişi oranı 9,6 kbps’dir. Su dağıtım SCADA sistem haberleşme seçimi radyo yönündedir. Radyo sistemi, ilk kurulum aşamasında site kurulumları nedeniyle pahalıdır. Bunun yanında haberleşme ağını yönetirken dışa bağımlılığın azlığı ve yıllık işletim maliyetleri düşük olması radyo sistemini avantajlı hale getirmektedir. Sistem için önermekte olduğumuz haberleşme yöntemi “APCO 25” adı verilen sayısal telsiz sistemidir. Bu sistemin seçilme nedeni, diğer sayısal telsiz sistemlerine göre avantajlarının fazla olmasıdır.

6. SONUÇ

Bu çalışmada, su dağıtım sistemi özelliklerinin fonksiyonel beklentilerini desteklemek için kontrol mimarisi tanımlanmış ve sistem SCADA'sı kurulurken ihtiyaç duyulacak teknoloji seçimi, sistem tasarımı ve haberleşme yöntemleri hakkında gerekli bilgiler verilmiştir.

Bir su dağıtım sisteminde, suyun kaynaktan çekilip tüketicilere kadar ulaşması sırasında suyu taşımak, suyun basınç ve debisinin ayarlamak için şebeke boruları, vanalar, pompalar ve depolama tankları kullanılmaktadır. Sistem, suyu tüketen abonelere düzenli bir şekilde su akışını sağlamak zorundadır. Su dağıtımını genellikle geniş coğrafik alanları kapsamaktadır. Bu çalışmanın bir bölümünde; şebekede basınç ayarı yapabilmek için bir pompa istasyon mimarisi tasarlanıp, bu iki zonlu bölge için su tüketim oranına göre dağıtım ekipmanları seçilip sunulmuştur.

Tasarımı düşünülen pompa istasyonu için kullanılacak enstrümantasyon, basınç, sıcaklık, debi, akım, voltaj vb. ölçüm cihazlarından meydana gelmektedir. Bunun yanı sıra pompa, vana ve güvenlik konusunu ilgilendiren diğer uyarıcıların sistemde kullanılması gerekmektedir. Kullanılan vana, pompa ve diğer su dağıtım ekipmanlarının konum ve durum bilgilerinin de SCADA tarafından işlenmesi sağlanmaktadır.

Bu çalışma kapsamında, içme suyu dağıtım tesislerinde kullanılacak SCADA sistem bileşenleri hakkında gerekli ekipman, donanım, yazılım ve diğer elektriksel bileşenler araştırılmış, su dağıtım sistemi SCADA planlaması yapılarak, dağıtım işlemi için gerekli istasyonlar, önerilen SCADA sistem mimarisi ve sistem iletişimi bilgileri verilmiştir. Ayrıca, motor-pompaların çalışması için seçilen elektrik kumanda panosu (Yıldız/Üçgen yol verme yöntemi için), sensörler ve uygun RTU donanım konfigürasyonları seçilmiştir. Bu projedeki SCADA iletişimi için sayısal radyo sistemi seçilmiş, APCO25 standardı önerilmiştir.

KAYNAKLAR

- Carrapatoso A., Gomez F. (1997): "High Performance Telecontrol Remote Unit", in Proc. of the IEEE International Symp. Industrial Electronics, p. 99-102.
- Chen Q., Qian Q. (2000): "The Research of UNIX Platform for SCADA", Power Engineering, Vol. 3, p. 2041-2045.
- Clarke G., Reynders D. (2004): "Practical Modern SCADA Protocols", IDC technologies.
- Daneels A., Salter W. (1999): "What is SCADA?", Trieste, in Proc. International Conference on Accelerator and Large Experimental Physics Control Systems, p. 339-343.
- Davis C. V., Sorensen K. E. (1969): "Handbook of Applied Hydraulics", New York, McGraw-Hill Book Co.
- Gaushell D. J., Block R. B. (1993): "SCADA communication techniques and standards", Computer Applications in Power, IEEE, Vol. 6, p. 45-50.
- Gaushell D. J., Darlington H. T. (1987): "Supervisory Control and Data Acquisition", Proceeding of IEEE, Vol. 75, p.1645-1658.
- Eliop S.A. (2006): "RTU technical description".
- Gündoğdu S., Şahin Ö. (2007): "Su Dağıtım Sistemi için SCADA Sistem Haberleşmesi Planlaması", Haberleşme Teknolojileri ve Uygulamaları Sempozyumu, s. 121-127.
- McDonald J. D. (1993): "Developing and Defining Basic SCADA System Concepts", Kansas City, in Proc. 37 IEEE Rural Electric Power Conf., p. B3/1-B3/5.
- National Transportation Safety Board (2006): "Supervisory Control and Data Acquisition in Liquid Pipelines", Washington, D.C.

Office of drinking Water (2007): “Terms of Reference for Assessment of Water System Infrastructure and Water Supply Sources for Public Water System”, Genivar, Formerly Cochrane Engineering Ltd.

Sandia National Labs (2007): “The center for SCADA security”.

Venkatraman A. (2006):“SCADA systems security”, <http://www.infosecwriters.com>.