

IEC 61850 Standardı ve Hidroelektrik Santrallerin Otomasyon Sistemlerine Uygulanması

IEC 61850 Standard and its Implementation on the SCADA Systems of Hydropower Plants

Doğan Gezer¹, Abdullah Nadar¹, Prof.Dr. Nevzat Özey²,

¹TÜBİTAK-UZAY

dogan.gezer@uzay.tubitak.gov.tr,
abdullah.nadar@uzay.tubitak.gov.tr

²Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü

ODTÜ,06531,Çankaya,Ankara

nozay@eee.metu.edu.tr

Özet

Son yıllarda elektronik ve haberleşme teknolojilerinde kaydedilen büyük gelişim, elektrik sektöründeki otomasyon uygulamalarını doğrudan etkilemiştir. Ancak bu gelişim, merkezi bir sistemde bulunan ve farklı üreticilere ait Akıllı Elektronik Cihazların (AEC) birlikte çalışma sorununu da beraberinde getirmiştir. Bu sorunun ana nedeni, her üreticinin AEC'lerinde kendi haberleşme protokolünü uygulamasıdır. International Electrotechnical Commission (IEC) 61850 standardı, yüksek gerilim indirici merkezdeki (substation) haberleşmenin standartlaştırılması amacıyla geliştirilmiştir. IEC 61850'de yer alan bilgi modellerinin genişletilerek, standart bir biçimde kullanılması düşünülen alanlardan birisi de hidroelektrik santrallerindeki kontrol sistemleridir. Bu bildiride, IEC 61850 Standardının özellikleri ve IEC 61850'nin hidroelektrik santralleri için hazırlanan haberleşme yapısı incelenmiştir.

Abstract

Great advances that have been obtained in electronic and communication technologies for the last decades, have directly affected the automation applications in electrical industry. However, these advances have brought the problem of the interoperability of the Intelligent Electronic Devices (IED) from different vendors in a centralized system. The main reason of this problem is that each vendor implements their own communication protocol for their own IEDs. IEC 61850 Standard has been developed to make the communication in the substation standard. One of the fields in which the information models that take place in IEC 61850 are planned to be used in a standard manner after extended, is the hydropower control system. In this paper, the features of IEC 61850 Standard and the communication structure of IEC 61850 for the hydropower plants are investigated.

1. Giriş

Elektronik, bilgisayar ve haberleşme alanındaki yeni teknolojiler ve gelişmeler, değişik sektörlerde farklı üreticiler tarafından uygulama alanına taşınmıştır. Bu teknolojilerin uygulandığı bir alan olan yüksek gerilim indirici merkezlerdeki otomasyon sistemleri ise on yıllardır güvenilir bir şekilde ve yaygınlıkla kullanılmaktadır. Son yıllarda analog cihazlar yerine sayısal cihazların kullanılmaya başlanmasıyla (örneğin sayısal röleler) indirici merkezlerin kontrol, koruma, görüntüleme ve haberleşme yetenekleri oldukça artırılmıştır [1].

İndirici merkez otomasyon sistemlerindeki cihazların haberleşmesinde standart bir haberleşme protokolü olmadığı için, her üretici kendi ürün ailesinde kendine ait protokoller kullanmaktadır. Bu durumda ise sisteme herhangi bir yeni cihaz eklenmesi veya eski bir cihazın aynı işlevlere sahip yeni bir cihazla değiştirilmesi gerektiğinde, ortaya çıkacak entegrasyon sorununun aşılması için; ya sisteme eklenecek yeni cihazın eski cihaz üreticisinden tedarik edilmesi gerekmekte ya da protokol ağ geçitleri kullanılarak farklı üreticiden alınan yeni cihaz sisteme dahil edilmektedir. Birinci çözüm yolu alınacak yeni cihaz için tek bir üreticiden başka seçeneğin bulunmaması, ikinci çözüm yolu ise entegrasyon süresinin uzaması, kullanılan protokol ağ geçitlerinin sisteme getirdiği maliyet ve haberleşme hızındaki kayıp gibi sorunlara sahiptir.

İndirici merkez haberleşme protokolleri incelendiğinde, bu protokollerin sadece üretici kaynaklı değil, ayrıca ülkeler bazında da farklılıkları olduğu görülmektedir. Örneğin, Avrupa'da IEC farklı üreticilere ait AEC'ler için bir standart geliştirmenin gerekli olduğunu düşünüyordu ve IEC 60870-5-103 standardı oluşturuldu. ABD'de ise indirici merkez haberleşmesi için Electric Power Research Institute (EPRI),

Utility Communication Architecture'ı (UCA) geliştirdi. UCA 2.0'da saha cihazlarının ayrıntılı nesne modelleri ve haberleşme davranışının tanımı yapıyordu. Aynı alan için iki standardın belirginleşeceğini gören IEC ve EPRI, UCA 2.0'daki gibi nesne yönelimli, veri model ve servis temelli olan ve aynı zamanda indirici merkez haberleşmesindeki ihtiyaçlara cevap veren bir standart oluşturmaya karar verdi ve indirici merkezlerdeki standart haberleşme ağ ve sistemleri için IEC 61850 serisini geliştirdi [2].

IEC 61850'nin yayınlanmasının ardından [3], bu yeni standardın sadece indirici merkezlerde değil bütün elektrik sistemindeki tek haberleşme standardı olabileceği ve yeni bilgi modelleri eklenerek standardın kapsamının genişletilebileceği görüldü. Bunun üzerine, IEC 61850'nin rüzgar ve hidroelektrik santraller, elektrik iletimi ve dağıtımı, sistem değişkenlerinin görüntülenmesi ve dağıtık enerji kaynaklarına uygulanması için yapılan çalışmalar halen sürmektedir.

IEC 61850 serisi gerçek zamanlı anlık bilgi de sunmaktadır. Bu yönüyle standart hidroelektrik santrallerde ihtiyaç duyulan kontrol ve koruma işlevlerinin yanı sıra ölçüm ve görüntüleme işlevlerine de uygulanabilir. Ölçüm ve görüntüleme ile hem santral için elzem olan kontrol işlevleri yerine getirilirken hem de operatörün sistemi gözlemlemesi sağlanmış olur.

IEC 61850 Standardı ve bu standardın hidroelektrik santrallere uygulanmasını içeren bu bildirin 2. Bölümünde IEC 61850 serisi hakkında kısa bir özet yapılmıştır. 3. Bölümde standardın genişletilmesine yönelik çalışmalar özetlenmiş ve son olarak 4. Bölümde ise standardın hidroelektrik santrallere uygulanması için yapılan düzenlemelere yer verilmiştir.

2. IEC 61850'ye Giriş

IEC 61850 Standardı, 57. IEC Technical Committee (TC) tarafından otomasyonla kontrol edilen indirici merkezlerdeki haberleşme ağ ve sistemleri için uluslararası bir standart oluşturmak amacıyla hazırlanmıştır. Bu standart ile indirici merkezdeki AEC ve ilgili sistem parçaları arasındaki haberleşmenin sağlanması hedeflenmiştir.

IEC 61850 serisi *Communication Networks and Systems in Substations* genel başlığı altında 10 konudan oluşmaktadır. Ayrıca IEC 61850-7 ve IEC 61850-9 konuları kendi içinde alt parçalara ayrılmıştır. Bu konu ve parçaların listesi aşağıdadır:

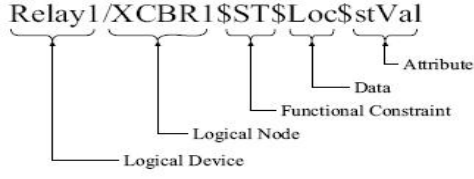
- IEC 61850-1: Introduction and Overview
- IEC 61850-2: Glossary
- IEC 61850-3: General Requirements
- IEC 61850-4: System and Project Management
- IEC 61850-5: Communication Requirements for Functions and Device Models
- IEC 61850-6: Configuration Description Language for Communication in Electrical Substations related to Intelligent Electronic Devices (IED)

- IEC 61850-7-1: Basic Communication Structure for Substation and Feeder Equipment – Principles and Models
- IEC 61850-7-2: Basic Communication Structure for Substation and Feeder Equipment – Abstract Communication Service Interface (ACSI)
- IEC 61850-7-3: Basic Communication Structure for Substation and Feeder Equipment – Common Data Classes
- IEC 61850-7-4: Basic Communication Structure for Substation and Feeder Equipment – Compatible Logical Node Classes and Data Classes
- IEC 61850-8-1: Specific Communication Service Mapping (SCSM) – Mappings to MMS (ISO/IEC 9506-1 and 9506-2) and to ISO/IEC 8802-3
- IEC 61850-9-1: Specific Communication Service Mapping (SCSM) – Sampled Values over Serial Unidirectional Multidrop Point to Point Link
- IEC 61850-9-2: Specific Communication Service Mapping (SCSM) – Sampled Values over ISO/IEC 8802-3
- IEC 61850-10: Conformance Testing

IEC 61850-1'de standart ve standart içindeki önemli başlıklar hakkında genel bir giriş yapılmıştır. IEC 61850-2'de standart serisi içinde kullanılan tanım ve terimler açıklanmıştır. IEC 61850-3'te haberleşme ağının genel istekleri, kalite istekleri üzerine vurgu yapılarak ayrıntılandırılmıştır. Bu kısım ayrıca diğer standartlara atıfta bulunarak sıcaklık, nem, vb. çevresel koşullar ve yardımcı servisler ile ilgili sınırları da içerir. IEC 61850-4'te ise sistem ve proje yönetim süreci ve mühendislik ve test etmeyi destekleyen özel araçlar isteklerini içerir.

IEC 61850-5'te genel hatlarıyla mantıksal düğümler (Logical Nodes: LN) tanımlanır. LN'ler, indirici merkez otomasyon sisteminin işlevlerinin tanımlanan soyut modellerce bölünmüş alt elemanlardır. Bu soyut modeller ile hangi bilgi veya verinin transfer edileceği belirlenmiş olup, bu modeller sahadaki cihazların karakterine göre yapılandırılmıştır. IEC 61850 tarafından soyut bir şekilde tanımlanan bu modeller güç sistemindeki yapıları, yapılara ait olan nesne modelleri ve veri yapılarını belirler. Ayrıca, IEC 61850 doğru zamanda doğru bilgiyi doğru hedefe göndermek için veri alışverişinin nasıl yapıldığının soyut şeklini ifade eden Soyut Haberleşme Servis Arayüzü (Abstract Communication Service Interface: ACSI) arayüz modellerini de belirler. Standartlaştırılmış bu bilgi ve arayüz modellerinin tanımları sayesinde üreticinin farklı oluşuna bakılmaksızın cihazlar arası haberleşme sağlanır.

LN'ler fiziksel cihazdan bağımsız şekilde tanımlanmıştır. Aynı cihazda birden fazla LN bulunabilir. LN'lerin içerdiği veri ve veri parçası sayısı işlevselliği ile ilgilidir. Bütün bu araçlar kullanılarak nesne ismi kimliklendirmesi gerçekleştirilir. Bu kimliklendirmenin yapısı Şekil 1'de gösterilmiştir. Her bir sinyal kimliklendirmesinin benzersiz olması gerekir ve bu yüzden LN örnekleri ve örnek (instance) sayıları aynı LN işlevlerine sahip veri nesnelere ayırt edilmesi için kullanılır.



Şekil 1: Nesne ismi kimliklendirme yapısı [4].

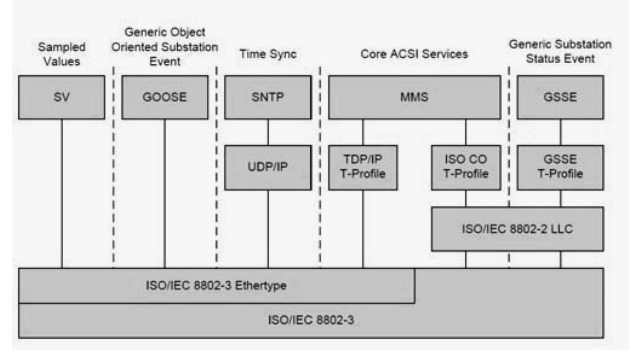
IEC 61850 birleşik sistem kontrolünü ve uyumlu genel sistem özelliklerini sağlamak için sistemin genel olarak tanımlanmasını düzenlemiştir. IEC 61850 sadece haberleşmeyi kapsamaz, birleşik sistem yapılandırma dili, ortam koşulları ve kalite istekleri ve uygunluk test süreçleri ve tekniklerini de kapsar.

IEC 61850-6'da AEC yapılandırması ve değişkenleri, haberleşme sistemi yapılandırması, şalt sahası yapıları ve bunlar arasındaki ilişkileri açıklayan bir dosya şekli tanımlanmıştır. Bu dosyanın amacı ise değişik üreticilere ait sistem elemanları ve AEC'lerin bilgilerinin birbirlerine aktarılmasıdır. Yapılandırma dili eXtensible Markup Language (XML) olarak seçilmiştir.

Standart dört çeşit İndirici Merkez Yapılandırma Dili (Substation Configuration Language: SCL) dosyası tanımlar. Bunlardan Sistem Belirleme Tanımı (System Specification Description: SSD) bütün sistemin tanımlandığı, İndirici Merkez Yapılandırma Tanımı (Substation Configuration Description: SCD) tek bir indirici merkezin tanımlandığı, AEC Yetenek Tanımı (IED Capability Description: ICD) AEC tarafından desteklenen maddelerin tanımlandığı ve Yapılandırılmış AEC Tanımı (Configured IED Description: CID) ise belirli bir AEC'nin tanımlandığı dosyalardır.

IEC 61850-7-X'de tanımlanan bütün soyut modeller gerçek bir protokoldeki somut bir uygulamadan bağımsızdır. IEC 61850-8-X ve IEC 61850-9-X parçalarında ise, bu soyut haberleşme servisleri ve nesnelere gerçek protokollere uygulanır. Bütün haberleşmede temel teknoloji olarak ethernet kullanılır. Haberleşme için sıkça kullanılan, indirici merkezin tamamındaki servisler IEC 61850-8-1'de Üretici Mesaj Belirleme'ye (Manufacturing Messages Specification: MMS) adreslenmiştir. MMS, AEC'ler arasında mesajlaşmayı mümkün kılıp, haberleşmeyi desteklemek için tasarlanmış bir uygulama katmanı standardıdır [5]. Bu standardın seçilme nedeni ise ACSE'yi ve IEC 61850-7-X'deki bilgi modellerini desteklemesidir. MMS'e adreslenmeyen ACSE servisleri için ek protokoller tanımlanmıştır. Bunlar zaman senkronizasyonu mesajları için Simple Network Time Protocol (SNTP), trip ve hızlı mesajlaşma için Generic Object Oriented Substation Event (GOOSE) ve Generic Substation Status Event'tir (GSSE). Bir başka mesajlaşma çeşidi olarak örneklenmiş değerlerin iletilmesi için kullanılan servisler, IEC 61850-9-1'de seri çok yönlü multidrop noktadan noktaya adreslenmiştir.

Tüm bu protokol adreslemelerin profili Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2: IEC 61850 protokol adresleme profili

IEC 61850-10 indirici merkez otomasyon sistemindeki cihazların test edilmesi için gerekli uygunluk testleri yöntemlerini ve süreçlerini açıklar ve test düzeneklerinin kurulması için kılavuzluk eder. Bu kısım ayrıca test edilen cihazın IEC 61850'ye göre diğer AEC'lerle haberleşme yeteneğinin gösterilmesi için uygunluk test raporlarının ve gösterimlerinin dokümantasyonunu da açıklar.

Bu standardın yayınlanmasına kadar, indirici merkez otomasyon sisteminde farklı birçoğu üreticiye ait değişik haberleşme protokolleri bulunuyordu. Bu durum haberleşmeyi sağlaması gereken sistem tasarımcılarını ya tek kullanıcıya ya da fazladan donanım ve yazılım kullanmaya zorluyordu. Yeni standardın en büyük getirilerinden birisi de farklı üreticilerden tedarik edilen AEC'ler arasında uyumlu çalışmayı garanti etmesidir.

IEC 61850 indirici merkez otomasyonunda ethernet teknolojisinin kullanılmasını önerir. Bu yüzden IEC 61850'nin diğer getirileri, hali hazırdaki Transmission Control Protocol/Internet Protocol (TCP/IP) ve ethernet uygulayımını kullanarak düşük haberleşme altyapısı kurma maliyeti ve cihazlar arası sinyal alışverişini sağlayan yüksek hızlı proses yolunun kullanılmasıyla azalan kablaj maliyetleridir.

3. IEC 61850 Bilgi Modelinin Genişletilmesi

Yukarıda sayılan başlıca getirileri sayesinde, IEC 61850 indirici merkez otomasyonunda kullanılacak başlıca ve belki tek standart olacaktır. Ayrıca, yapılan geliştirme çalışmaları ile bu standardın bütün elektrik sistemine uygulanması hedeflenmektedir. Bu çalışmalar, rüzgar ve hidroelektrik santralleri, güç iletim ve dağıtımı ile güç kalitesi alanlarını da içeriyor. Bu çalışmalar sonucu, IEC 61850'nin veri yapısını oluşturan LN'ler ve veri nesnelere sayısı artacaktır.

IEC 61850'nin rüzgar santrallerine uygulanması için yapılan çalışmalar sonucu IEC 61400-25 serisi yayınlanmıştır. Beş konudan oluşan bu standart içerisinde rüzgar santrallerinde kontrol ve gözlem haberleşmesi için IEC 61850 Standardının bulunduğu LN'ler ve nesne modelleri açıklanmıştır [6].

Rüzgar santralleri haberleşmesinin yanı sıra, IEC 61850'nin dağıtık enerji kaynaklarındaki (Distributed Energy Resources: DER) kontrol ve gözlem haberleşmesi için kullanılmasına yönelik çalışmalar devam etmektedir [7].

IEC TC 57'nin bir diğer çalışması da hidroelektrik santrallerdeki kontrol ve gözlem haberleşmesi için IEC 61850'nin kullanımı ile ilgilidir. IEC 61850-7-410, *Communication Networks and Systems For Power System Utility* genel adıyla ve *Hydroelectric Power Plants-Communication for Monitoring and Control* adıyla yayınlanan standart hidroelektrik santraller için haberleşme modellerini belirlemektedir [8].

4. IEC 61850 ve Hidroelektrik Santraller

IEC 61850-7-410, IEC 61850 serisinin bir parçasıdır. Bu standart hidroelektrik santrallerde kontrol ve gözlem için haberleşme konusunu işlemektedir. Bu standardın içinde IEC 61850'nin hidroelektrik santrallerinde kullanımı için gerekli olan ortak veri sınıfları, LN'ler ve veri nesnelere tanımlanmaktadır. Ayrıca bu standart hidroelektrik santrallerinin çalışma ve işletim mantığının basitçe anlatımını da içermektedir.

Bu standart içinde tanımlanan LN'ler ve veri nesnelere aşağıdaki alanlarda kullanılmaktadır:

- Elektrik İşlevler: Bu grupta yer alan veri nesnelere (Data Object: DO) ve LN'ler özellikle generatörün ikazını içeren çeşitli kontrol işlevlerinde kullanılır. Bu grupta tanımlanan LN ve DO'lar bütün büyük santrallerde kullanılabilir.
- Mekanik İşlevler: Bu grupta yer alan LN ve DO'lar su türbin ve türbinle ilişkili ekipman için kullanılır.
- Hidrolik İşlevler: Bu grupta yer alan LN ve DO'lar su akışı, rezervuar ve havuz kontrol ve yönetimi için kullanılır.
- Sensörler: Ölçüm için kullanılan sensörlerin modellenmesi için bu gruptaki LN ve DO'lar kullanılır.

Yeni standart ile birlikte IEC 61850 serisine eklenen altmış LN ile santrali oluşturan kısımların bilgi modelleri oluşturulmuştur. Tablo 1'de görüldüğü gibi LN'ler santralde modellenmesi gereken işlevsel kısımlara ayrılmıştır ve bunlardan altmış IEC 61850-7-410 standardı ile tanımlanmıştır.

Tablo 1: Hidroelektrik Santrallerinde Kullanılan LN'ler

Hidroelektrik Santrallerinde Kullanılan LN'lerin Ana Başlıkları	LN Sayısı
Kontrol İşlevleri	2
İşlevsel Blokları	9
Hidroelektrik Santraline Özel	18
Arayüz ve Arşivleme	3
Mekanik ve Elektrik Olmayan Ekipman	5
Sayaç ve Ölçüm	8
Koruma	17
Koruma ile İlgili İşlevler	3
Denetleme ve Gözetim	3
Sensör	18
Güç Sistemi Ekipmanı	7
Toplam	84

Tablo 2'de ise Hidroelektrik Santraline Özel olarak kullanılan LN'ler kısaltma ve isimleriyle beraber gösterilmiştir.

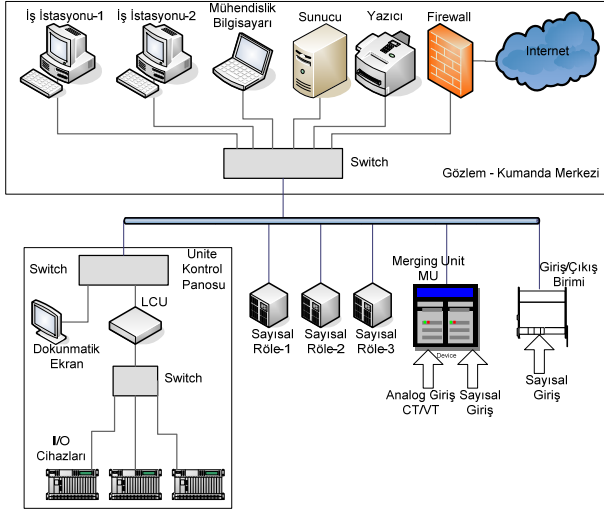
Tablo 2: HES'lere özel tanımlanmış LN'ler

HBRG	Türbin-Generatör Şaft Yatağı (Turbine - Generator Shaft Bearing)
HBRK	Generatör Fren Sistemi (Braking System for the Generator Shaft)
HCOM	Combinator (3D-CAM or 2D-CAM)
HDAM	Baraj, Su Havuzu (Hydropower Dam, Water Reservoir)
HDLS	Baraj Sızıntı Denetimi (Dam Leakage Supervision)
HGPI	Ayar Kanadı Konum Göstergesi (Gate Position Indicator)
HGTE	Baraj Kapağı (Dam Gate)
HITG	Su Alma Kapağı (Intake Gate)
HJCL	Ortak Kontrol İşlevi (Power Plant Joint Control Function)
HLKG	Sızıntı Denetimi (Leakage Supervision)
HLVL	Baraj Su Seviyesi Göstergesi (Dam Water Level Indicator)
HNDL	Needle Kontrolü (Needle Control)
HNHD	Net Head Verisi (Net Head Data)
HOTP	Baraj Taşma Koruması (Dam Overtopping Protection)
HSEQ	Yol Verme/Durdurma Sıralayıcısı (Start / Stop Sequencer)
HSPD	Hız Görüntüleme (Speed Monitoring)
HUNT	Santral Koruma Ünitesi (Hydropower Production Unit)
HWCL	Su Kontrol İşlevleri (Water Control Function)

Bir hidroelektrik santralının işletimi için gerekli olan kontrol ve gözlem işlevleri, IEC 61850 tarafından tanımlanan MMS ve Örneklemeli Analog Değerler (Sampled Analog Values: SAV) kullanılarak gerçekleştirilebilir. Santraldeki koruma sistemini oluşturan sayısal röleler koruma işlevlerinin yanında, kontrol sistemine gözlem değerleri göndererek kontrol sisteminin yeteneklerini artırabilir. Santralin koruma sistemini oluşturan elemanlar arası hızlı haberleşme gerektiren durumlarda GOOSE mesajı kullanılır. Santraldeki sayaç ve ölçüm işlevleri için de yine MMS ve SAV mesajları kullanılır. Santral ekipmanı zaman senkronizasyonu içinse IEC 61850 tarafından tanımlanan SNTP özelliği kullanılabilir.

IEC 61850'nin hidroelektrik santrallere uygulanmasıyla, santral haberleşme mimarisinde değişiklikler olacaktır. Şekil 3'te görüldüğü gibi geleneksel sisteme Merging Unit (MU) ve giriş/çıkış birimi adı verilen iki yeni birim dahildir. Bunlardan MU, IEC 61850-9-1'de tanımlandığı haliyle çoklu analog Akım Trafosu (AT)/Gerilim Trafosu (GT) giriş ve sayısal giriş değerleri kabul eden ve çoklu, zaman senkronlu, tek yönlü sayısal çıkış üreten cihazlardır. Bu cihazlar geleneksel veya elektronik AT/GT'lerden aldığı üç faz akım ve gerilim bilgisini kontrol ve koruma cihazlarına aktarır. Cihazı

oluşturan üç ana kısım vardır: Senkronizasyon işlevi modülü, çok-kanallı veri işlevi modülü ve haberleşme modülü. Diğer bir cihaz olan giriş/çıkış birimi, ise kesici ve anahtarlama cihazları durum bilgisi gibi sayısal verinin alındığı cihazdır.



Şekil 3: IEC 61850'ye uygun HES kontrol sistemi mimarisi

Santralin koruma sisteminde IEC 61850 uyumlu sayısal rölelerin kullanılmasıyla, koruma sistemi GOOSE adı verilen mesajların getirilerinden yararlanacaktır. Arıza algılayan röle diğer rölelere GOOSE mesajı göndererek, bu rölelerin kilitlenmesini sağlar. Bu durum geleneksel hard-wired tasarımlarda 0,5-,075 periyotluk bir zaman alırken, GOOSE mesajı ile bu zaman 0,25 periyot kadardır. [9]

5. Sonuçlar

Başlangıçta sadece indirici merkezi otomasyon sistemi için tasarlanması planlanan, daha sonra ise bütün elektrik sisteminin (üretim, iletim ve dağıtım sistemleri) haberleşme ihtiyacına cevap verecek şekilde geliştirilmeye başlanan IEC 61850 standardı, geliştirme çalışmalarının sonlanmasıyla ve güvenilirliğinin kanıtlanmasıyla birlikte elektrik otomasyon alanında daha çok uygulanmaya başlanacaktır.

IEC 61850'nin farklı cihazlar arasında çalışmayı mümkün kılması, veri ve haberleşme modellerinin standardize edilmesi gibi özellikleri büyük getiriler sağlamıştır. Ayrıca bu standart, elle yapılandırma, kurulum zamanı ve veri yönetimi, yapılandırması ve bakımı maliyetini düşürür. Ethernet teknolojisinin kullanımının ise düşük haberleşme altyapısı kurma maliyeti, yüksek hız proses yolu kullanımı ile düşük kablaj maliyeti gibi getirileri vardır.

Kontrol ve koruma işlevlerinin yanında, IEC 61850 serisine göre oluşturulan geniş bilgi modeli, hidroelektrik santrali ile ilgili uygulamalara kolaylık sağlar. Özellikle kontrol, görüntüleme ve arıza önleme gibi işlevlere ihtiyaç duyan hidroelektrik sistemler, IEC 61850'nin uyumlandırılmasından büyük fayda görecektir.

6. Teşekkür

Bu çalışma TÜBİTAK tarafından desteklenmiştir. KAMAG (1007 programı) Proje No:105G124

7. Kaynaklar

- [1] Lloret, P. ve Velasquez, J. L., "IEC 61850 as a flexible tool for electrical systems monitoring", 9th International Conference. Electrical Power Quality and Utilisation, Barcelona, Spain, 2007
- [2] Zhang, J. ve Gunter C. A., " IEC 61850 – Communication Networks and Systems in Substations: An Overview of Computer Science", http://www.cs.uiuc.edu/homes/jzhang24/R_P.html, 2007
- [3] "IEC 61850 – Communication Networks and Systems in Substations", IEC Standard, 14 parts, 2002 ... 2004
- [4] Mackiewicz, R.E., "Overview of IEC 61850 and Benefits", Power Systems Conference and Exposition, 2006. PSCE '06. 2006 IEEE PES, Oct. 29 2006-Nov. 1 2006, 623-630, 2006
- [5] "ISO/IEC 9506-1,2 Industrial Automation Systems – Manufacturing Message Specification", ISO/IEC Standard, 2 parts, 2003
- [6] "IEC 61400-25 – Control and Monitoring of Wind Power Plants", IEC Standard, 5 parts, 2006 ... 2008-09-04
- [7] "IEC 61850-7-420 – Communication Networks and Systems in Substations – Part 7-420 – Communication Systems for Distributed Energy Resources (DER) – Logical Nodes", IEC Standard, geliştirme aşamasında
- [8] "IEC 61850-7-410 – Hydroelectric Power Plants – Communication for Monitoring and Control", IEC Standard, 2007
- [9] Apostolov, A. ve Tholomier, D., "Impact of IEC 61850 on Power System Protection", Power Systems Conference and Exposition, 2006. PSCE '06. 2006 IEEE PES, Oct. 29 2006-Nov. 1 2006, 1053-1058, 2006