

IMPLEMENTACIÓN DEL ESTÁNDAR IEC 61850 A UN INVERSOR FOTOVOLTAICO

IMPLEMENTATION OF THE STANDARD IEC 61850 TO A PHOTOVOLTAIC INVERTOR

Maximiliano Valencia Moctezuma

Transformadores Inteligentes de México
idi@trafos.mx

Sandra Verónica Moreno Tapia

Transformadores Inteligentes de México
idi@trafos.mx

Resumen

Las condiciones variables de generación de energía eléctrica de los sistemas energéticos distribuidos a gran escala suponen un riesgo para el correcto funcionamiento de la red eléctrica. Para solucionar estos problemas, se ha propuesto la implementación de redes eléctricas inteligentes en donde los componentes responden de manera inteligente a las condiciones de la red eléctrica. Los inversores para redes eléctricas inteligentes requieren de protocolos, funciones y datos estandarizados, como es el estándar IEC 61850, para la correcta interacción entre los componentes que conforman la red eléctrica inteligente. En este artículo se presenta la implementación del estándar IEC 61850 y el protocolo de comunicación MMS para un inversor fotovoltaico monofásico en una plataforma de bajo costo y con la librería de código abierto libiec61850.

Palabra(s) Clave: IEC 61850, MMS, inversor, fotovoltaico.

Abstract

The variable conditions of electric power generation of distributed large-scale energy systems pose a risk for the proper functioning of the electric network. To solve these problems, the implementation of intelligent electrical networks has been proposed, where the components respond intelligently to the conditions of the electrical network. The inverters for intelligent electrical networks require

standardized protocols, functions and data, such as the IEC 61850 standard, for the correct interaction between the components that make up the smart grid. This article presents the implementation of the IEC 61850 standard and the MMS communication protocol for a single-phase photovoltaic inverter in a low-cost platform and with the open source library libiec61850.

Keywords: *IEC 61850, MMS, inverter, solar.*

1. Introducción

La apertura del mercado eléctrico nacional, los avances en la electrónica de potencia y los esfuerzos para disminuir la generación de gases invernadero han potenciado el desarrollo e implementación de las fuentes de energía renovables en media y baja potencia. Inclusive, los usuarios domésticos en la categoría de tarifa Doméstico de Alto Consumo han sido motivados para instalar fuentes de energía renovables con la finalidad de reducir el costo de su consumo eléctrico. Esto ha generado algunos cambios en el funcionamiento de la red eléctrica ya que algunos usuarios que anteriormente eran pasivos ahora también inyectan energía eléctrica a la red; a este tipo de redes eléctricas en donde se introducen generadores en diferentes puntos de la red eléctrica se les ha denominado recursos energéticos distribuidos (RED).

Los inversores actuales funcionan de manera automática en base a condiciones locales de la red eléctrica y su objetivo es generar a la mayor potencia posible para beneficiar al propietario. Sin embargo, las fuentes de energía renovables presentan intermitencia ya que la generación de energía eléctrica depende de condiciones climatológicas que son variables; esto ocasiona que un generador se puede conectar y desconectar de la red eléctrica de manera repentina. Esta intermitencia y la potencia variable en gran escala pueden deteriorar el funcionamiento de la red eléctrica (IEA, 2011).

Para resolver estos problemas se introdujo el concepto de redes eléctricas inteligentes en donde los RED basados en inversores, como los sistemas fotovoltaicos, tienen funciones inteligentes que son utilizadas para hacer un manejo eficiente de los sistemas eléctricos distribuidos (Fazeli, Ekanayake,

Holland, & Iqic, 2014; IEC, 2012). Las redes eléctricas inteligentes tienen la finalidad de incrementar la capacidad de instalaciones de fuentes de energía distribuidas, para lograr esto, los dispositivos utilizados en las fuentes de energía distribuidas requieren de funciones, datos y protocolos de comunicación estandarizados que sean certificados por una entidad independiente (Gungor et al., 2013).

El inversor es el dispositivo con mayor desarrollo en normatividad debido a su papel clave en la integración y penetración de RED. Para poder incrementar la penetración de DER, se deben agregar de características inteligentes al inversor los cuales son llamados inversores inteligentes y el concepto es planteado en el estándar IEC 61850-7-420; el uso de inversores inteligentes puede aumentar la integración de RED en la red eléctrica (Seal, 2013). El Electrical Power Research Institute (EPRI), National Institute of Standards and Technology (NIST) y el estado de California, EU han definido que un inversor inteligente debe tener funciones autónomas básicas y avanzadas para el manejo de energía (CEC, 2014; EPRI, 2016; NIST, 2012) así como un sistema de comunicaciones interoperable que consta del modelo de información y funciones estándar definidas en los estándares IEC 61850-7-420 y IEC 61850-90-7 y el uso de los protocolos de comunicación SCADA DNP3, Modbus, SEP2 y IEC 61850 MMS. Esto permite estandarizar las operaciones e información utilizadas entre los DER y operadores de la red eléctrica entre las que se encuentran conexión/desconexión de la red indicado por el operador de la red, envío de información sobre el precio de la energía eléctrica, entre otras. El documento (EPRI, 2016) provee información detallada sobre la operación de las funciones básicas y avanzadas del inversor. El estándar IEC 61850 también es utilizado en otros documentos que definen el rumbo de las redes eléctricas inteligentes como “NIST Framework and Roadmap for Smart Grids Interoperability Standards” (NIST, 2010), “IEEE Guide for Smart Grid Interoperability of Energy Technology and Information Technology Operation with the Electric Power System (EPS), End-Use Applications, and Loads” (IEEE, 2011) y “DKE German Standardization Roadmap for Smart Grids” (DKE, 2010).

En este documento se describe la implementación del protocolo de comunicación IEC 61850 MMS para un inversor fotovoltaico monofásico utilizando los nodos lógicos proporcionados por el estándar IEC 61850-7-420. El contenido se divide en cuatro secciones donde la sección 2 presenta la metodología utilizada para la implementación del protocolo de comunicación IEC 61850 MMS, la sección 3 presenta los resultados obtenidos y la sección 4 presenta una discusión sobre los resultados y su aplicación.

2. Métodos

El estándar IEC 61850 es un estándar internacional del IEC utilizado para el diseño de sistemas de automatización para subestaciones eléctricas y define el intercambio de información entre diferentes dispositivos de diferentes fabricantes mediante el uso de datos estandarizados (IEC, 2010). Define modelos de datos abstractos que se asignan a una serie de protocolos de comunicación específicos. Además del modelo de datos, el estándar también define una serie de protocolos de comunicación específicos, cada uno con un objetivo específico diseñado para permitir varias facetas de la comunicación de la subestación. El uso de diferentes protocolos de comunicación permite que sea utilizado en diferentes niveles de la subestación y los protocolos utilizados son MMS, GOOSE, GSSE y SMV (figura 1).

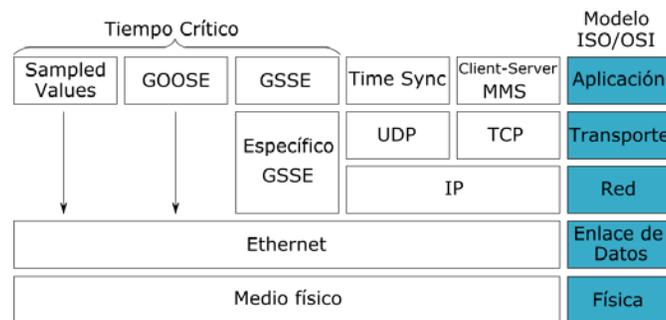


Figura 1 Protocolos de comunicación utilizados en el estándar IEC 61850.

Algunas ventajas sobre otros protocolos SCADA son:

- Modelos de datos orientados a objetos.

- Modelos de datos abstractos que son asignados a diferentes protocolos de comunicación dependiendo la aplicación.
- Datos con nombres jerárquicos y descriptivos en lugar de direcciones indexadas.
- Nodos lógicos (nombres de objetos) estandarizados.
- Control de configuración de parámetros flexible.
- Descripción completa de la configuración del dispositivo en un archivo.

Los datos en el estándar IEC 61850 son representados con la siguiente jerarquía: dispositivos lógicos, nodos lógicos, objetos de datos, clases de datos comunes y atributos de datos (IEC, 2010). En la figura 2 se muestra como están compuestos los datos en el estándar IEC 61850. Un dispositivo puede implementar uno o más dispositivos lógicos dependiendo de las funciones que implementa. En (Schwarz, 2008) se puede encontrar más información sobre las ventajas del estándar IEC 61850.

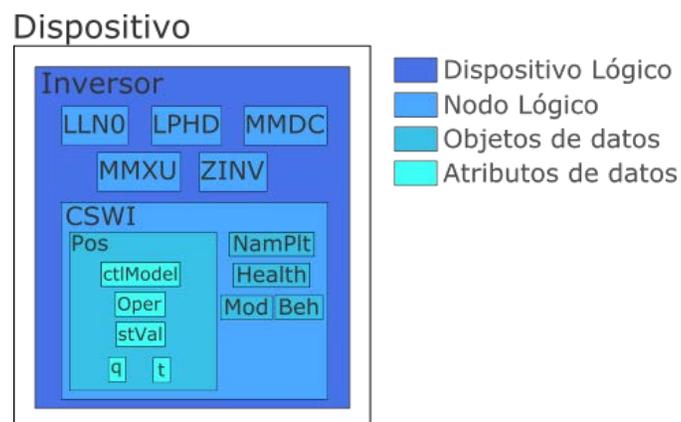


Figura 2 Jerarquía de datos en el estándar IEC 61850.

Para implementar el estándar IEC 61850 en un dispositivo, se define el modelo de datos del dispositivo mediante un archivo ICD (acrónimo en inglés, IED Capability Description) el cual tiene un formato XML (acrónimo en inglés, Extensible Markup Language), este archivo exhibe solamente los datos del dispositivo disponibles para la red (Apostolov, 2009). El estándar IEC 61850-7-420 (IEC, 2009) define los

modelos de información para el intercambio de información en fuentes de energía distribuidas y amplía los nodos lógicos del estándar IEC 61850-7-4 con nodos específicos de fuentes de energía distribuidas; además, presenta algunas recomendaciones para implementar el estándar en diferentes campos como es el fotovoltaico, etc.

El inversor fotovoltaico monofásico consta de los siguientes componentes:

- Conector de CD, permite la conexión y desconexión del inversor con el arreglo de paneles fotovoltaicos.
- Conector de CA, permite la conexión y desconexión del inversor con la red eléctrica.
- Unidad de medición de voltaje de CD, mide las condiciones de la conexión de Cd entre el inversor y el arreglo de paneles fotovoltaicos.
- Unidad de medición de voltaje de CA, mide las condiciones de la conexión de CA entre el inversor y la red eléctrica.
- Inversor o convertidor de potencia, convierte la entrada de CD a CA con los parámetros adecuados para la conexión con la red eléctrica.

3. Resultados

El modelo de datos del inversor se obtuvo utilizando los nodos lógicos definidos en el estándar IEC 61850 y su extensión para RED IEC 61850-7-420. La figura 3 muestra un diagrama de bloques de los componentes del inversor y el nodo lógico que representa al componente correspondiente.

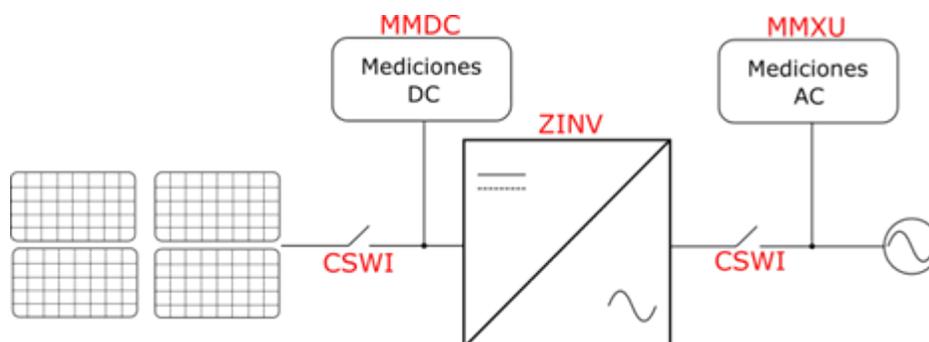


Figura 3 Relación componentes – nodos lógicos IEC 61850.

Los nodos lógicos LLN0 y LPHD son obligatorios en cada dispositivo lógico y representan información común del dispositivo lógico como nombre, modo, etc. Los nodos lógicos CSWI se utilizaron para la conexión/desconexión con el arreglo de paneles fotovoltaicos y la red del usuario. El dato CSWI.Pos.Oper es utilizado para enviar comandos de conexión y el dato CSWI.Pos.stVal es utilizado para obtener el estatus de conexión.

Los nodos lógicos MMDC y MMXU son utilizados para obtener mediciones en CD y CA, respectivamente. Las mediciones que se pueden obtener del lado de CD son: voltaje, corriente, potencia. Las mediciones que se pueden obtener del lado de CA son: voltaje, corriente, potencia real, potencia aparente, factor de potencia, frecuencia.

El nodo lógico ZINV es utilizado para modelar un convertidor de CD a CA. Proporciona información sobre el inversor y el tipo de acoplamiento a la red como es: el tipo de conmutación, frecuencia de conmutación, tipo de conexión en CA, aislamiento, estatus de conexión actual, entre otros. Además, permite establecer límites en la operación del inversor como son: voltaje, corriente, potencia activa, potencia reactiva, factor de potencia, frecuencia, entre otros.

Para implementar el protocolo de comunicación IEC 61850 MMS se utilizó la librería de código abierto libiec61850 y la tarjeta BeagleBone Black con el sistema operativo Debian. Se utilizó una plataforma de pruebas, figura 4, para verificar la implementación del protocolo de comunicación IEC 61850 MMS en donde la tarjeta Beaglebone Black y el cliente MMS se conectan mediante un router.

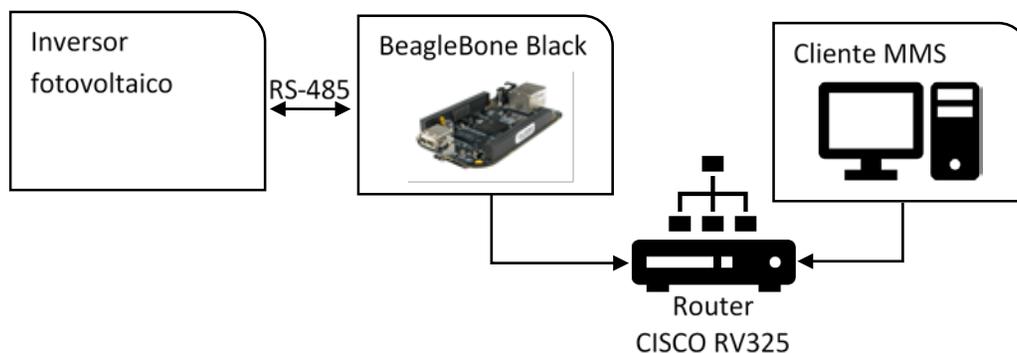


Figura 4 Diagrama de bloques plataforma de pruebas.

El software de código libre IEDEplorer se utilizó como cliente MMS para verificar la implementación del protocolo IEC 61850 MMS y el modelo de datos del inversor fotovoltaico. En la figura 5 se muestra el modelo de datos del inversor inteligente en el cliente IEDEplorer.

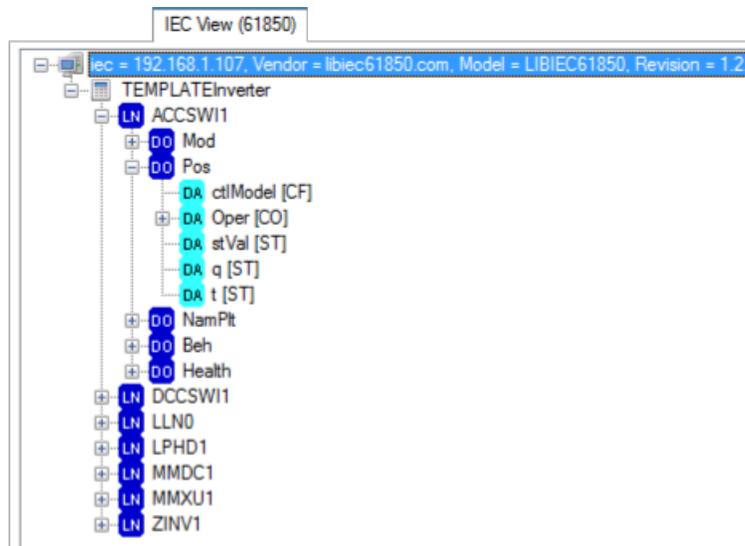


Figura 5 Estructura de datos del inversor inteligente.

4. Discusión

La integración masiva de recursos energéticos distribuidos a la red eléctrica ayuda disminuir la generación de gases invernadero, pero la generación variable de las fuentes de energía renovables puede afectar la operación de la red eléctrica. Por esto, el operador de la red eléctrica requiere manejar la gran cantidad de recursos energéticos distribuidos para establecer consignas de generación en los inversores según las condiciones locales. El uso de datos, funciones y protocolos es un punto clave para manejar de manera eficiente los recursos energéticos distribuidos. La implementación de datos estandarizados del estándar IEC 61850 y el uso del protocolo de comunicación IEC 61850 MMS en inversores permiten tener una mejor representación de la configuración y estado del dispositivo. Esto permite estandarizar la información compartida entre el operador de la red eléctrica y los inversores de los recursos energéticos distribuidos. En este artículo se presentó el modelado de un inversor fotovoltaico

monofásico utilizando los estándares IEC 61850 y IEC 61850-7-420 así como la implementación del protocolo de comunicación en una plataforma de bajo costo y utilizando una librería de código abierto.

5. Bibliografía y Referencias

- [1] Apostolov, A. P. (2009). Modelling systems with distributed generators in IEC 61850. Power Systems Conference.
- [2] CEC. (2014). Recommendations for updating the technical requirements for inverters in distributed energy resources.
- [3] DKE. (2010). The german standardisation roadmap E-Energy/smart grid.
- [4] EPRI. (2016). Common Functions for Smart Inverters: 4th Edition.
- [5] Fazeli, M., Ekanayake, J., Holland, P., & Iqic, P. (2014). Exploiting PV inverters to support local voltage - a small signal model. IEEE Trans. Energy Convers.
- [6] Gungor, V., Sahin, D., Kocak, T., Ergut, S., Buccella, C., Cecati, C., & Hancke, G. (2013). A survey on smart grid potential applications and communication requirements. IEEE Trans. Ind. Inf.
- [7] IEA. (2011). Technology Roadmap Smart Grids. Tech. Rep.: <http://www.iea.org/publications/freepublications/>
- [8] IEC. (2009). Communication networks and systems for power utilities automation - Part 7-420: Basic communication structure - distributed energy resources logical nodes. IEC Std. IEC 61850-7-420.
- [9] IEC. (2010). Communication Networks and Systems for Power Utility Automation. IEC Std. IEC 61850.
- [10] IEC. (2012). Distributed energy management (DER): Advanced power system management functions and information exchanges for inverter-based DER devices, modelled in IEC 61850-90-7.
- [11] IEEE. (2011). IEEE guide for smart grid interoperability of energy technology and information technology operation with the electric power system (EPS), end-use applications, and loads. IEEE Std. 2030-2011.

- [12] NIST. (2010). NIST framework and roadmap for smart grid interoperability standards. Tech. Rep. NIST Publication 1108.
- [13] NIST. (2012). Advanced power system management functions and information exchanges for inverter-based DER devices, modelled in IEC 61850-90-7.
- [14] Schwarz, K. (2008). Comparison of IEC 60870-5-101/-103/-104, DNP3, and IEC 60870-6-TASE.2 with IEC 61850, 1–22.
- [15] Seal, B. K. (2013). Smart Inverters. EPRI: [http://smartgrid.epri.com/doc/Smart Inverters-Smart Grid Informational Webcast.pdf](http://smartgrid.epri.com/doc/Smart%20Inverters-Smart%20Grid%20Informational%20Webcast.pdf).