



Elementos de la proyección del nudo electroenergético del CITI

Projection elements of city electroenergetical node

Divier Remedos - Suárez
Arianne Hernández- Maranta

Orestes Hernández -Areu
Yovannia Gámez - García

Recibido: diciembre del 2009

Aprobado: enero del 2010

Resumen/ Abstract

Se presentan las experiencias obtenidas en la proyección del nudo electroenergético de un objetivo civil llamado Centro de Investigaciones de Tecnologías Integradas (CITI). Este nudo consiste en una subestación eléctrica, un punto de generación con grupos electrógenos y un centro general de distribución (CGD), como complejo de alimentación a un objetivo que exige máxima confiabilidad en el suministro de energía eléctrica.

Se exponen los análisis de opciones factibles y los esquemas que finalmente se proyectaron, sus características de operación y evaluaciones económicas realizadas durante el proceso de diseño y proyección.

Palabras claves. proyecto eléctrico.

The obtained experiences in the projection of Center of Reaserches of Integrated Technologies (CITI) electroenergetical node. This node consist in an electric substation, a generation point with generator groups and a distribution general center (CGD), as a complex feeding of an objective that demands maximum reliability in the electric power supply. The analyses of feasible options and the outlines that finally were projected, are exposed, their operation characteristics and economic evaluations carried out during the design process and projection are also presented.

Key words. Electric project

INTRODUCCIÓN

En el Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría se está construyendo el Centro de Investigaciones de Tecnologías Integradas (CITI). Este es un proyecto cubano de colaboración entre el Ministerio de Educación Superior y el MININT. Será una instalación de primer nivel donde se realizarán investigaciones informáticas y electrónicas.

Es un centro que por las prestaciones que tendrá, requiere que en general y desde el punto de vista energético, en particular, tenga las características de un edificio inteligente.

El diseño de esta instalación estuvo a cargo de un equipo multidisciplinario dentro del cual, los autores de esta ponencia, llevaron la responsabilidad de proyección del sistema electroenergético.

Dentro del proyecto de este sistema, el nudo electroenergético tuvo un peso relevante, por recaer sobre este la responsabilidad de suministrar la energía para cumplimentar los requerimientos que exigen la condición de edificio inteligente.

El concepto de la alta tecnología de los edificios inteligentes fue introducido en Estados Unidos a principio de la década de 1980.

En el simposio internacional realizado en Toronto en mayo 28 y 29 de 1985, se enunció una definición: “Un edificio inteligente combina innovaciones tecnológicas y no tecnológicas, con administración inteligente de los recursos del mismo, para “maximizar el retorno de inversión”.

Los aspectos que desde la perspectiva eléctrica de un edificio inteligente, se deben considerar, son los siguientes:

1. Eficiencia del consumo de energía.
2. Sistema de aseguramiento de vidas.
3. Sistemas de telecomunicaciones.
4. Automatización de áreas de trabajo.

La inteligencia con respecto al consumo de la energía en un edificio consiste en la reducción de su uso a un mínimo. Algunas estrategias usadas para reducir este consumo son:

- Encendido/Apagado programado.
- Encendido/Apagado optimizado.
- Control del ciclo de uso.
- Control de la demanda eléctrica.
- Optimización del clima.
- Optimización de calentadores de agua.
- Utilización de fuentes óptimas de energía y fuentes alternas.
- Uso adecuado de aislamientos térmicos.

Para obtener estos efectos, las instalaciones deben programarse con acciones, como:

- Programación del horario y optimización de la iluminación externa e interna.
- Configuración de luces, audio y video.
- Programación del horario y optimización del aire acondicionado.
- Programación del horario de equipo hidroneumático y sistema de riego.
- Configuración del sistema de voz, datos, seguridad, circuito cerrado, control de acceso, alarma, etc.
- Configuración de sistema de control para el funcionamiento del equipamiento eléctrico en general.

DESARROLLO

CONDICIONANTES DEL PROYECTO.

También existen requerimientos de otra naturaleza que son condicionantes a tomar en cuenta durante el proceso de proyección.

En el caso específico de este objeto de obra en cuestión, estas condicionantes son:

- 1- Servicio eléctrico de alta confiabilidad, ininterrumpido durante las 24 horas del día.
- 2- Factor de potencia de la instalación 0,92.
- 3- Tensiones de alimentación de los equipos:
 - a) 127 V monofásicos.
 - b) 220 V monofásicos.
 - c) 400 V trifásicos.
- 4- La subestación debe tener reserva de 15 %, para crecimiento futuro.
- 5- Para condiciones de emergencia, se dispondría de una batería de grupos electrógenos, capaces de suplir el 100 % de la carga..

SOLUCIÓN

El nudo electroenergético está constituido por:

- 1- La subestación eléctrica, donde está el centro de transformación con los dispositivos de conexión a la red nacional y equipos de protección y medición.
- 2- Local de la batería de los grupos electrógenos.
- 3- Centro general de carga (CGD), donde está la pizarra general de distribución (PGD), otras pizarras de fuerza e iluminación, equipos desconectivos, bancos de capacitores y otros dispositivos.

Los cálculos arrojaron que la potencia activa total de la instalación era 1173 kW, para un factor de potencia de 0,92 equivale a una potencia aparente de 1275 kVA que con la reserva exigida llega a 1500 kVA.

La subestación será alimentada con dos líneas provenientes de circuitos independientes cumplimentando los requisitos de confiabilidad.

Las líneas de alimentación disponibles por el volumen de carga a suministrar y la localización de la misma, son de circuitos de 34,5 kV. Uno de estos circuitos es el denominado "alimentador 2015", proveniente de la subestación "San Agustín", al oeste de Ciudad de la Habana y el otro es el "alimentador 3550" de la subestación Boyeros al sur de Ciudad Habana, ambas subestaciones son de 110 / 34,5 kV.

Por las dimensiones del nudo electroenergético y restricciones de nivel de ruido y contaminación electromagnética en el inmueble, se decidió construir la subestación eléctrica y el local de los grupos electrógenos, fuera de la edificación principal a 7 m al sur de esta. El CGD sí quedaría en el interior del inmueble.

SUBESTACIÓN ELÉCTRICA

Para el esquema de transferencia de energía en la subestación eléctrica existen cuatro opciones [1]:

- 1- Esquema de secundario selectivo con barra de emergencia separada.
- 2- Esquema de secundario selectivo con barra de emergencia integrada.
- 3- Esquema de primario selectivo con barra de emergencia separada.
- 4- Esquema de primario selectivo con barra de emergencia integrada.

Sus características son:

- 1- Secundario selectivo con barra de emergencia separada (fig. 1).

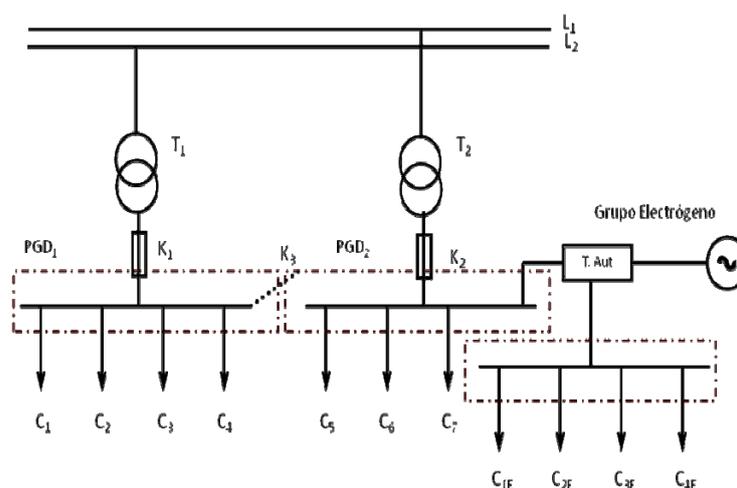


Fig. 1

Es un esquema que utiliza dos transformadores de idénticos parámetros nominales y un sistema selectivo de baja tensión con tres interruptores.

Los transformadores, deben tener una potencia nominal que le permita a cada uno llevar la mitad de la carga de la instalación, en condiciones de operación normal y en condiciones de avería deben ser capaces de llevar uno solo, el 100 % de la carga de la instalación.

Para operación de emergencia, la instalación tiene definida una carga que se mantendrá en servicio, a través de un dispositivo transferencial automático y grupos electrógenos conectados a una barra especialmente destinada para alimentarla en esta condición.

La barra principal debe estar dividida en dos secciones a través de un interruptor normalmente abierto.

Tiene las ventajas siguientes:

- a) Al tener dos transformadores y tres interruptores, el sistema brinda una fiabilidad extrema a los consumidores y cualquier avería en uno de estos elementos puede ser resuelta con facilidad.
- b) Al existir varias secciones de barra en el CGD, se colocan por cada una un sistema de monitoreo de los parámetros a través de analizadores de redes que facilita el nivel de variables a supervisar desde un sistema centralizado.

Tiene las desventajas siguientes:

- Como presenta dos secciones de PGD ambos transformadores funcionan en régimen normal en estado subcargado, lo que empeora el factor de potencia de la instalación, incrementa sus pérdidas reactivas y la facturación de energía.
- El costo de inversión es considerablemente grande por los transformadores.
- Genera una gran cantidad de cables desde los transformadores y desde la barra de emergencia hacia los consumidores.
- Al presentar una sección completa de emergencia se incrementan las canalizaciones y las pizarras de distribución.
- Requiere un área útil mayor que cualquier otra variante.

2- Secundario selectivo con barra de emergencia integrada (fig. 2).

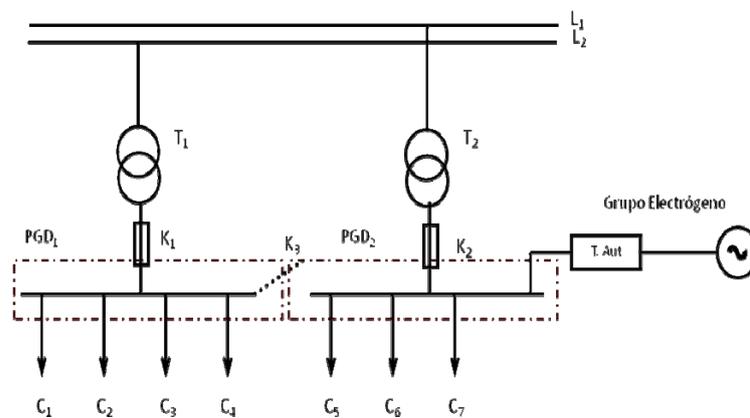


Fig. 2

Es un esquema similar al anterior, aunque una automática que permite que sin necesidad de desconectivos adicionales u otra pizarra, la carga de emergencia pueda ser servida desde sus barras principales.

Tiene las ventajas siguientes:

Tiene las mismas ventajas que el esquema anterior, pero como se elimina la sección de emergencia en la PGD y se integra de forma automática a la sección existente, hay ahorro en las canalizaciones para las pizarras de emergencia y en cables.

Tiene las desventajas siguientes:

Tiene las mismas desventajas que el esquema anterior, aunque requiere un área útil menor en cuanto a pizarra.

3- Primario selectivo con barra de emergencia separada (fig. 3).

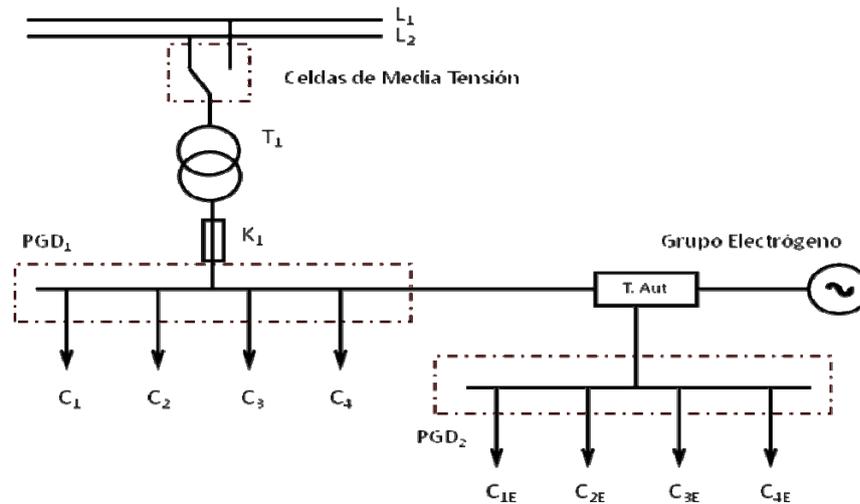


Fig. 3

Es un esquema que utiliza un solo transformador con un sistema transferencial automático entre dos líneas de alimentación por el lado de alta tensión.

En caso de falla en uno de los alimentadores, se conmuta para la otra línea automáticamente.

El transformador, debe llevar la carga total de la instalación, en condiciones de operación normal.

Para operación de emergencia, la instalación tiene definida una carga que se mantendrá en servicio, a través de un dispositivo transferencial automático y grupos electrógenos conectados a una barra especialmente destinada para alimentarla en esta condición.

Tiene las ventajas siguientes:

1. Presenta un solo transformador que funciona en régimen normal, a alrededor de su carga nominal, lo cual es una opción mucho más eficiente que las anteriores.
2. En el costo inicial por equipamiento tiene mucho peso el transformador. En este caso, como es uno solo, se abarata la inversión.
3. Las canalizaciones hacia la PGD son las correspondientes a un solo transformador y se hace más económica la solución.
4. Se requiere una menor área útil que en los secundarios selectivos.

Tiene las desventajas siguientes:

1. Al presentar una sección completa de emergencia se incrementan las canalizaciones y las pizarras de distribución.
2. Al contar con solo 1 transformador, de ocurrir una avería en este, se corta el suministro a la instalación, teniendo que operar en emergencia.
3. Primario selectivo con barra de emergencia integrada (fig. 4).

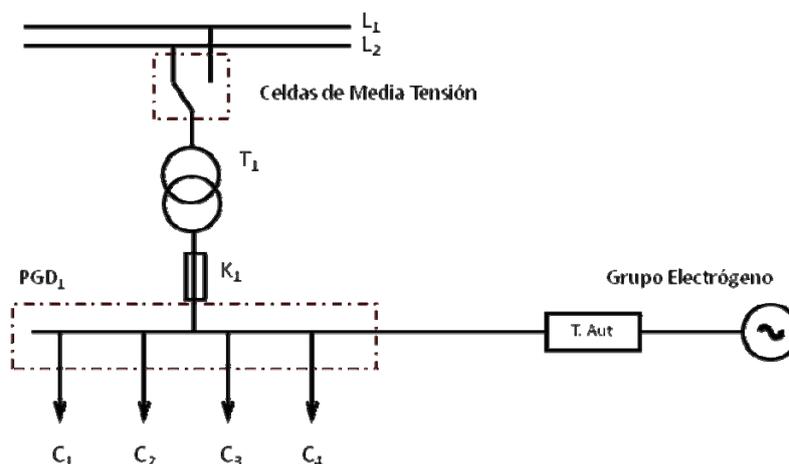


Fig. 4

Es un esquema similar al anterior, aunque una automática que permite que sin necesidad de desconectivos adicionales u otra pizarra, la carga de emergencia pueda ser servida desde sus barras principales.

Tiene las ventajas siguientes:

Tiene las mismas ventajas que el esquema anterior, pero como se elimina la sección de emergencia en la PGD y se integra de forma automática a la sección existente, hay ahorro en las canalizaciones para las pizarras de emergencia y en cables.

Se requiere una menor área útil que las variantes anteriores.

Tiene las mismas desventajas que el esquema anterior, aunque requiere un área útil menor en cuanto a pizarra.

A partir de los requerimientos de confiabilidad y la disponibilidad de mercado, se llegó a un grupo de definiciones para conformar el nudo electroenergético:

- Adoptar para la subestación, la variante de secundario selectivo con barra de emergencia integrada.
- Adquirir 2 transformadores de 1500 kVA, 34,5 / 0,415 kV, conexión Delta – Estrella (Δ -Y) sólidamente aterrada con neutro accesible [2].
- Adquirir 2 celdas de media tensión de 36 kV con interruptores en SF₆ y cuchillas para operaciones de conexión y desconexión por el lado primario de los transformadores.
- Alimentar la subestación con líneas soterrada desde los circuitos 2015 y 3550
- Acceder a estos circuitos a través de 2 cuchillas trifásicas de operación tripolar de 38 kV, que enlazarían los cables soterrados con las líneas aéreas.
- Adquirir una batería de 3 grupos electrógenos de 500 kVA cada uno, 0.415 kV en estrella con neutro accesible.
- La automática de estos grupos controlaría la conexión y desconexión automatizada realizándose la entrada de toda la batería en situación de emergencia y desconectándose posteriormente, las unidades necesarias en dependencia de la demanda eléctrica en ese momento, en la instalación.
- También se regularía el tiempo de explotación de cada grupo para que en todos los casos fuera el mismo.

La fig. 5 se muestra el plano de la subestación y la fig. 6 muestra el detalle de la batería de grupos electrógenos.

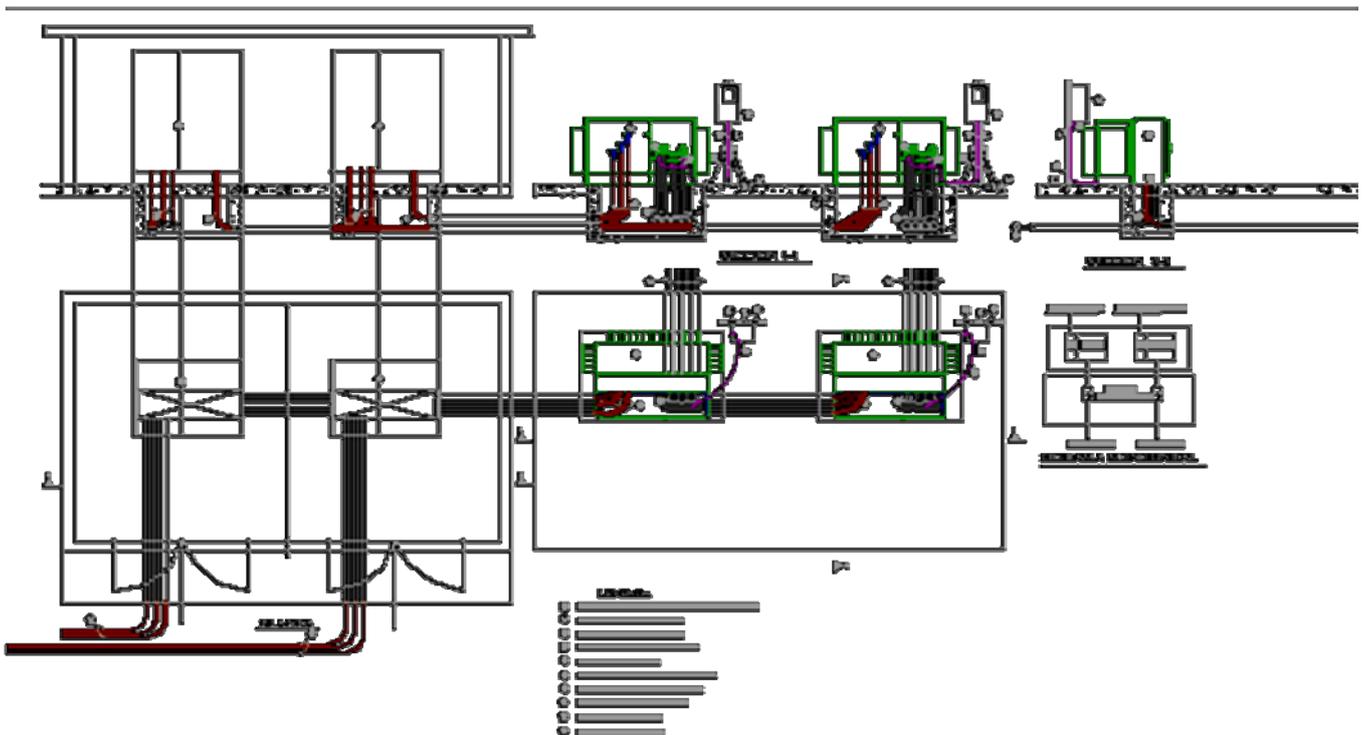


Fig. 5.

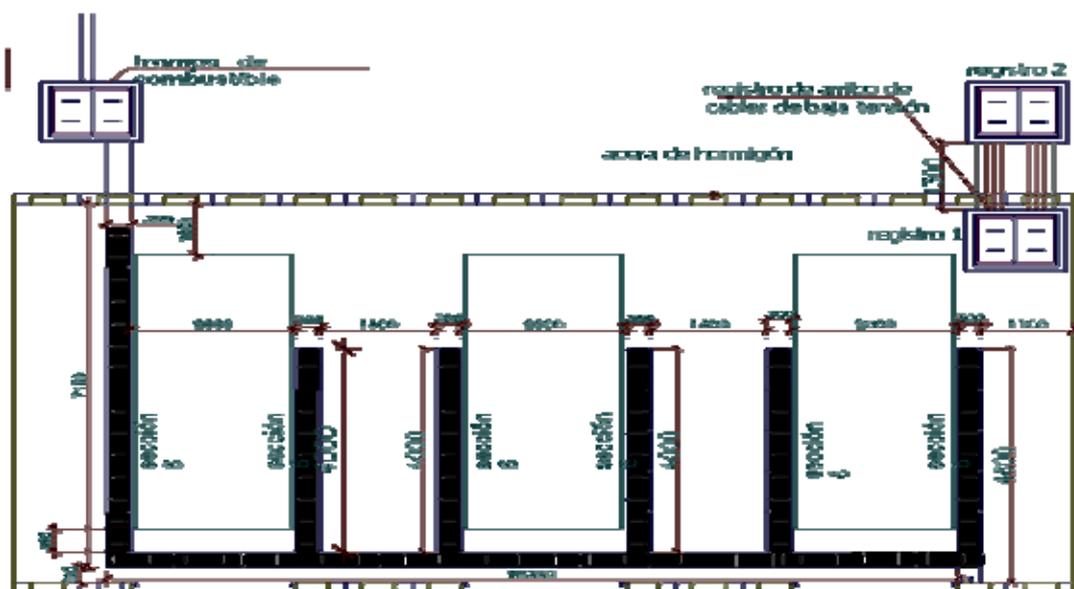


Fig. 6.

Teniendo en cuenta el entorno donde estará ubicado el nudo electroenergético y criterios estéticos asociados a la obra en general, se decidió lo siguiente:

- Los transformadores serían tipo "pad mounted".
- Se construiría un local techado independiente para los grupos electrógenos, seguidamente otro, techado también para las celdas de media tensión y a continuación y perpendicular al CGD, estaría el local de los transformadores al aire libre.

D. CENTRO GENERAL DE DISTRIBUCIÓN (CGD) [3]:

En el Centro general de distribución están ubicados:

- Dos transferenciales automáticos.
- El esquema de secundario selectivo.
- La PGD con 18 salidas para la alimentación del edificio.
- Un banco de capacitores para compensación del reactivo por cada barra.
- Un banco supresor de armónicos.

Los transferenciales automáticos irán conectados inmediatamente después de los transformadores. Están formados por seccionadores de 4 polos.

El esquema de secundario selectivo, a continuación de los transferenciales está formado por 3 interruptores de 3 polos. Estos interruptores están dotados de unidades de control para la medición de armónicos y falla a tierra. Los transferenciales y el selectivo secundario tendrán enclavamiento mecánico y automático, para evitar errores en la operación.

Todos los interruptores y seccionadores son seccionables o extraíbles y de la misma capacidad, para que sean intercambiables.

El sistema debe trabajar en régimen manual y automático.

La automatización del secundario selectivo debe garantizar:

- Localización de la avería de tensión.
- Señalización de las averías en los transformadores, es decir, protección de gases y temperatura en la primera y segunda etapas.

- Que los generadores arranquen solo cuando haya falla en las dos líneas, con la posibilidad de cerrar en el enlace ante una avería en cualquiera de los alimentadores de los grupos electrógenos.
- Posibilidad de protocolo "Modbus".

En caso de que las secciones de barras queden sin energía por apertura de los interruptores entre el transformador y estas por razones de sobrecarga, cortocircuito o defecto a tierra, el interruptor de enlace entre las barras no puede cerrar y la operación será indicada mediante señalización sonora.

El banco de capacitores y el supresor de armónicos serán adquiridos después de la etapa de puesta en marcha de la obra, una vez realizadas las mediciones correspondientes y verificadas los valores reales de factor de potencia y contenido de armónicos que se genera en la instalación.

La distribución de energía a partir de los devanados secundarios de los transformadores hasta los transferenciales, se realizará compartiendo la carga total entre ambos equipos.

Los conductores estarán espaciados en cuatro formaciones triangulares. Cada una de estas formaciones tendrá solo un cable de cada fase.

En la figura siguiente se muestra el esquema subestación y cgd.

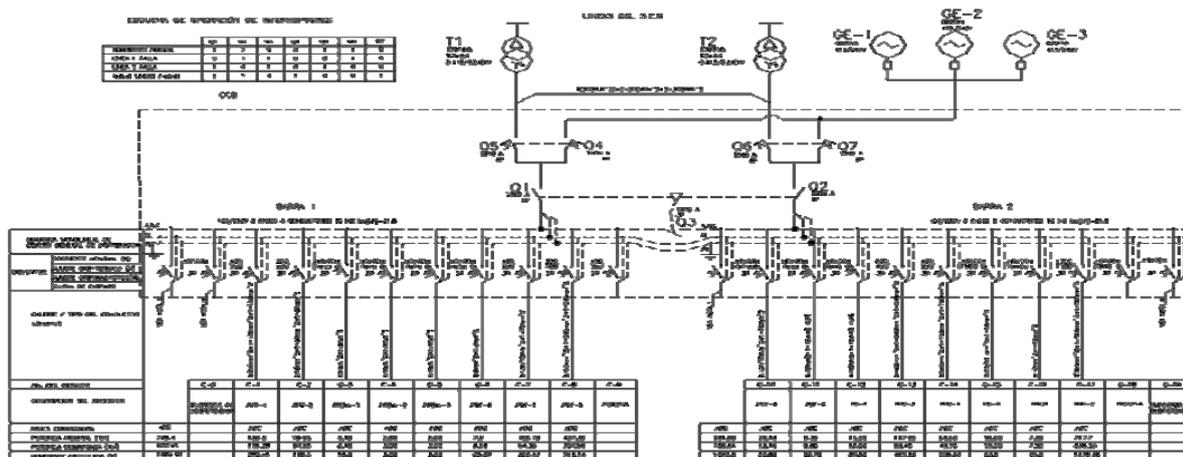


Fig. 7. Esquema subestación y CGD.

D. MEDIDAS DE PROTECCIÓN [3]:

Con el objetivo de proteger la vida de las personas y las instalaciones se utilizarán las siguientes medidas:

- a.- Protección contra contactos directos.
- b.- Protección contra contactos indirectos.
- c.- Protección contra sobretensiones de origen atmosférico.

a.- Protección contra contactos directos.

Se garantiza mediante el aislamiento funcional de los componentes eléctricos previstos en la instalación mediante los locales con puertas de acceso restringido y el recubrimiento de las partes activas con material aislante adecuado que limite la corriente de contacto a 1 mA o con cubiertas metálicas puestas a tierra efectivamente.

b.- Protección contra contactos indirectos.

Para la protección contra contactos indirectos se utilizarán las siguientes medidas:

1. - Separación de circuitos.
2. - Puesta a tierra.
3. - Dispositivos de corte por intensidad de defecto.
4. - Dispositivos de corte por intensidad de falla a tierra (diferenciales) de 30 mA.

Se empleará un sistema de distribución TN-S (fig. 8), en este tipo de conexión, el conductor de tierra es puesto a tierra, juntamente con el neutro al inicio de la instalación y se corre el conductor neutro, de forma tal que todas las partes metálicas se conecten físicamente a este. Esta variante es más cara, pero a la vez más segura. Para evitar el efecto de bucle emisor, o sea disminuir la contaminación electromagnética, el conductor de tierra debe estar lo más cerca posible de los conductores activos.

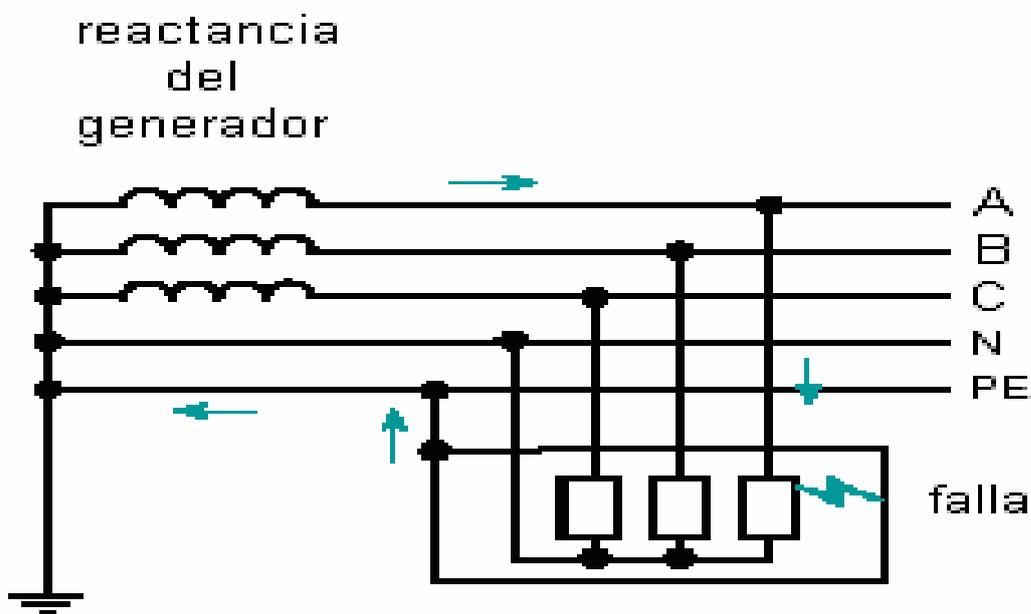


Fig. 8. Esquema del sistema de distribución TN-S.

Las pizarras tendrán 5 barras, 3 barras de fase, 1 de neutro y una de protección eléctrica.

c.- Protección contra sobretensiones de origen atmosférico.

Se llevará a cabo mediante un sistema de protección contra descargas atmosféricas consistente en una red de captadores horizontales y de punta de Franklin y la instalación de tres niveles de dispositivos supresores de sobretensiones, todos tributando a un sistema de tierra en la subestación y otro en el edificio principal.

Los transformadores de la subestación traen incorporados tres pararrayos de óxido metálico para su propia protección.

CONCLUSIONES

Se presentaron las soluciones obtenidas en el proyecto de un nudo electroenergético consistente en:

- Una subestación eléctrica, compuesta por dos transformadores tipo pad mounted Delta - Estrella de 1500 kVA, 34,5 /0.415 kV y celdas de media tensión de 36 kV con interruptores en SF₆ y cuchillas para operaciones de conexión y desconexión por el lado primario de los transformadores.
- Un centro de generación de emergencia con una batería de tres grupos electrógenos de 500 kVA cada uno y 415 V.
- Un centro general de distribución (CGD), con esquema de secundario selectivo con barra de emergencia integrada.

REFERENCIAS

- [1] Bases para el diseño y construcción de inversiones turísticas- Parte 7. Requisitos de Electroenergética.
- [2] Normas ANSI/ IEEE C 57.12.26 de 1992 Standard for Pad-Mounted, compartmental-type, self-cooled, three-phase distribution transformers for use with separable insulated high-voltage connectors (34 500 Grd Y/19920 V and below, 2500kVA and smaller).
- [3] CASAUS BIDOPIA, A. *Análisis de las variantes más económicas para el sistema de distribución de energía en instalaciones hoteleras*. Informe técnico Delegación ALMEST Holguín UB Pesquero III.

AUTORES

Divier R. Remedos Suárez. Ingeniero Electricista profesor Instructor del Centro de Investigaciones y Pruebas Electroenergéticas (CIPEL) de la CUJAE. La Habana, Cuba.
e-mail: Divier.rs@electrica.cujae.edu.cu

Yovannia Gámez Marante. Ingeniero Electricista. Especialista Principal de la Empresa de Proyectos de Obras para la Industria Básica de Cuba.
e-mail: ygamez@eprob.cu

Orestes Hernández Areu. Ingeniero Electricista. Doctor en Ciencias Técnicas. Jefe de Dpto. de Alta Tensión del Centro de Investigaciones y Pruebas Electroenergéticas (CIPEL), facultad de Eléctrica, ISPJAE, La Habana, Cuba.
e-mail: orestesh@electrica.cujae.edu.cu

Arianne Hernández García. Ingeniero Electricista. Especialista de la Empresa de Consultoría, Diseño e Ingeniería Constructiva del MININT, La Habana, Cuba.
e-mail: ecodic@mn.mn.co.cu