



PROPUESTA DE TRABAJO DE FIN DE GRADO

TÍTULO DEL TRABAJO:	PROYECTO DE UNA SUBESTACIÓN TRANSFORMADORA PRIVADA DE 10 MVA
DESCRIPCIÓN GENERAL:	Proyecto eléctrico de las instalaciones eléctricas de potencia, de control y de protección de una subestación transformadora privada 45/11 kV y 10 MVA para alimentar a dps posiciones de salida de línea subterránea de 11 kV.
CONTENIDOS MÍNIMOS:	El trabajo deberá incluir obligatoriamente todos los contenidos técnicos que se desglosan en el esquema que sigue más abajo. Los tutores pueden asesorar al alumno que desee introducir contenidos añadidos.

DESCRIPCIÓN PARTICULAR:

Se trata de diseñar y calcular algunas instalaciones necesarias para el funcionamiento normal y seguro de una subestación transformadora privada emplazada en entorno a industrializar (en adelante STP) y situada al final de una línea de derivación aérea que no hay que contemplar. Toda la parte de 45 kV se construirá a la intemperie, donde además de un seccionador tripolar de entrada, con contactos principales de línea y secundarios de puesta a cortocircuito y a tierra, más el interruptor principal y los transformadores de protección y medida, también estará el transformador de 10 MVA tipo Dyn11 refrigeración ONAF, construido según UNE-EN 60076 y Reglamento europeo de Ecodiseño, con cambiador de tomas en carga en el primario (19 escalones de $\pm 0.5\%$ U_n centrados simétricamente en la toma central). La instalación de media tensión a 11 kV estará alojada en el interior de un edificio prefabricado. Se instalará también una resistencia de 5Ω de puesta a tierra del neutro y una batería de condensadores de hasta 7.5 MVA (7.5 Mvar).

La entrada en 45 kV, el embarrado de 11 kV, la batería de condensadores y las salidas subterráneas en 11 kV, vendrán protegidas por relés adecuados que actuarán sobre los interruptores automáticos asociados a cada posición. Estos interruptores vendrán alojados en celdas modulares prefabricadas, dotadas también de seccionador tripolar y de puesta a tierra.

Estarán motorizados todos los mecanismos de movimiento de seccionador en 45 kV y de carga de muelles para los interruptores automáticos de 45 y 11 kV. Toda esta aparamenta será accionable manual y automáticamente, tanto de modo local y a distancia, y la carga de muelles podrá ser también manual. Todos los accionamientos remotos funcionarán con 110 V de corriente continua.

El transformador para servicios auxiliares en baja tensión será de 25 kVA, alimentado en 11 kV a través de su celda correspondiente dotada de fusibles, suministrará energía a todos los receptores de la subestación, y en especial a un Sistema de Alimentación Ininterrumpida que proporcionará autonomía a la subestación durante 10 horas y permitirá tres maniobras de los aparatos motorizados instalados.



El alumno definirá, mediante planos de planta con suficiente detalle, la ubicación de la derivación aérea de 45 kV existente y la STP colocada a su extremo, la planta de las instalaciones de la STP, sus alzados con las vistas correspondientes para definir bien la entidad del proyecto, la infraestructura subterránea, la red de puesta a tierra, los edificios, los accesos y cerramientos, y la solución adoptada para la salida de líneas subterráneas. Además habrá planos que detallen el armario de servicios auxiliares con el esquema sinóptico de control, y de esquemas desarrollados que especifiquen el sistema de control y supervisión de la subestación, y en los que figure también el cableado de las señales a los relés y a los sistemas de protección.

Será necesario también adjuntar el estudio de los parámetros que definan el posterior ajuste de las protecciones (curvas de disparo, umbrales de actuación, selectividad entre protecciones, etc.).

En el proyecto deberán contemplarse las siguientes instalaciones:

- Instalación de alta tensión
- Instalación de transformación
- Red de puesta a tierra
- Servicios auxiliares y sistema de alimentación ininterrumpida (SAI).
- Instalación de baja tensión en corriente alterna
- Instalación de baja tensión en corriente continua
- Climatización
- Detección y extinción automática de incendios
- Alumbrado interior y exterior

Las protecciones eléctricas serán, como mínimo, las siguientes (códigos ANSI):

- Para las líneas de entrada (45 kV) y de salida (6 kV): 46, 50, 51, 50N, 51N, 27, 59, 81m, 81M.
- Para el transformador principal (15 MVA): 50, 51, 50N, 51N, 50G, 49, 63 gas, 63 sobrepresión, 71, 87.
- Para el transformador de servicios auxiliares: 49, 63 gas, 63 sobrepresión.

La STP llevará los enclavamientos de seguridad apropiados que impidan absolutamente toda maniobra insegura o peligrosa, tanto para un operario que manipule localmente los equipos como para cualquier operación a distancia. Toda la aparatada de alta y media tensión será motorizada.

La STP dispondrá de un sistema de control remoto compatible con los sistemas de la compañía titular de la red de distribución a 45 kV, y posibilidad de conectar un PC supervisor en el que se habilitarán todas las funciones de mando presentes también en el cuadro sinóptico de control de la subestación. El alumno debe diseñar el cuadro sinóptico de control, pero no tiene que incluir detalles ni sobre el sistema de control remoto ni sobre la programación de los relés, autómatas o del PC.

Los cálculos justificativos de cada solución técnica adoptada irán acompañando al texto descriptivo de dicha solución, no en un anejo aparte. Esta solución solo se admite en el caso de que fuera necesario incluir tablas de gran tamaño que resuman resultados de cálculos idénticos repetidos muchas veces.



El trabajo respetará y aplicará toda la normativa vigente, en especial sobre requisitos de seguridad, y también la de gestión de residuos de la construcción y la de salud y seguridad en las obras de construcción. Deberá contar con un pliego de condiciones técnicas generales y particulares, más los planos necesarios para la comprensión de la instalación proyectada, y el anejo de mediciones y presupuesto a precios actuales.

IMPORTANTE: El resto de detalles no especificados en esta descripción podrán ser supuestos por el alumno, pero deberán asemejarse lo más posible a datos extraídos de la realidad.

OBSERVACIONES:

Se empleará únicamente el Sistema Internacional de Unidades, con su notación correspondiente.

No se admitirán faltas de ortografía, ni siquiera en las unidades.

El trabajo es estrictamente personal e individual. No se admitirán proyectos con similitudes importantes en planos, mediciones del presupuesto o cálculos.

ESQUEMA A SEGUIR ⁽¹⁾⁽²⁾:

I. Memoria

- A. Introducción y objeto del proyecto
- B. Normativa aplicada
- C. Necesidades y prestaciones de las instalaciones requeridas
- D. Soluciones adoptadas y esquema unifilar
- E. Plazo y diagrama de ejecución
- F. Resumen de presupuesto
- G. Conclusión a la Memoria y firma

II. Anejo de la STP: instalaciones de potencia

- A. Introducción y objeto
- B. Normativa aplicada
- C. Obra civil

¹ El alumno deberá respetar este esquema aportando contenidos en aquellos apartados donde lo estime necesario, indicando en el resto la mención "No aplicable porque..." seguida de la razón correspondiente. También podrá añadir otros epígrafes si fuera necesario, pero nunca eliminar los que se indican.

² Únicamente se considerarán aptas para la evaluación del alumno aquellas tablas o compendios de datos que sean resultado de los cálculos explicados en la Memoria o sus anejos, y siempre que puedan ser evidentemente verificables por el Profesor, lo que al menos exige la correcta identificación de los datos (encabezamientos de filas y columnas, por ejemplo) y la inclusión de la unidad o magnitud de que se trate.



- a. Distribución del espacio interior de la STP
 - b. Cerramientos y accesos
 - c. Canalizaciones subterráneas
 - d. Estructuras de soporte
 - e. Cimentaciones
 - D. Aparataje de 45 kV
 - a. Distancias de aislamiento
 - b. Seccionadores de entrada
 - c. Embarrado y soportes auxiliares
 - d. Interruptor principal
 - e. Transformadores de intensidad
 - f. Transformadores de tensión
 - g. Autoválvulas
 - h. Alumbrado exterior
 - E. Transformador de potencia
 - a. Especificaciones del transformador
 - b. Cambiador de tomas en carga
 - F. Aparataje de 11 kV
 - a. Distancias de aislamiento
 - b. Embarrado y soportes auxiliares
 - c. Cables aislados
 - d. Resistencia de puesta a tierra del neutro
 - e. Batería de condensadores
 - G. Edificio de control
 - a. Especificaciones constructivas y distancias interiores
 - b. Celdas modulares
 - c. Climatización
 - d. Alumbrado interior
 - H. Servicios auxiliares
 - a. Sistema de alimentación desde embarrado a 11 kV
 - b. Sistema de alimentación ininterrumpida en corriente alterna a 230 V
 - c. Fuentes de tensión en corriente continua a 110 V
 - I. Conclusión y firma
- III. Anejo de la STP: control y protección
- A. Introducción y objeto
 - B. Red de puesta a tierra
 - a. Diseño de la red de protección
 - b. Cálculos justificativos
 - C. Armario de control
 - a. Armario de servicios auxiliares y sinóptico de control
 - b. Descripción del funcionamiento
 - c. Descripción de enclavamientos de seguridad
 - D. Relés de protección
 - a. Descripción de protecciones implementadas
 - b. Estudio de la configuración de los relés recomendada
 - E. Conclusión y firma



- IV. Anejo de control de incendios
 - A. Introducción y objeto
 - B. Normativa aplicada
 - C. Sistema de detección
 - a. Componentes del sistema de detección
 - 1. Detectores: tipos y ubicación
 - 2. Centralita: características principales
 - b. Características generales de la instalación: canalizaciones y conductores
 - 1. Cableado de alimentación
 - 2. Cableado de control y detección
 - D. Extracción controlada de humos de incendio
 - a. Ubicación y caudales de los sistemas de control de humos
 - b. Selección de ventiladores
 - E. Conclusión y firma

- V. Anejo de gestión de residuos de la construcción
 - A. Introducción y objeto del anejo
 - B. Normativa aplicada
 - C. Identificación de residuos y cantidades
 - D. Medidas para la reducción de residuos en obra
 - E. Reutilización, valorización o eliminación de residuos de obra
 - F. Medidas para la separación de residuos en la obra
 - G. Conclusión y firma

- VI. Pliego de condiciones
 - A. Pliego de condiciones generales
 - a. Normativa a aplicar
 - b. Replanteo de la obra
 - c. Características y obligaciones del contratista
 - d. Control de la obra y Libro de órdenes
 - e. Aceptaciones parciales y certificaciones periódicas
 - f. Recepción de la instalación
 - g. Plazo de garantía
 - B. Pliego de condiciones particulares
 - a. Condiciones aplicables a la ejecución y certificación de la instalación de obra civil
 - b. Condiciones aplicables a la ejecución y certificación de las instalaciones de alta y media tensión
 - c. Condiciones aplicables a la ejecución y certificación de las instalaciones de baja tensión
 - C. Conclusión y firma



VII. Seguridad y salud ⁽³⁾

- A. Características relevantes de las obras
 - a. Descripción de los trabajos
 - b. Coste, plazo de ejecución y mano de obra necesaria
 - c. Documento de seguridad y salud requerido en fase de proyecto
- B. Peligros detectados y riesgos asumidos
 - a. Peligros generales
 - b. Peligros específicos de cada fase de la obra
 - c. Riesgo de daños a terceros
- C. Medidas de prevención para aminorar riesgos
 - a. Medidas generales
 - b. Medidas específicas para cada fase de la obra
 - c. Medidas frente al riesgo de daños a terceros
- D. Conclusión y firma

VIII. Planos ⁽⁴⁾

- A. Generales
 - a. Situación a varias escalas con indicación de accesos
 - b. Planta general y componentes de las instalaciones
 - c. Esquema unifilar completo
 - d. Distancias de seguridad: planta
 - e. Distancias de seguridad: alzado
- B. Instalaciones exteriores
 - a. Cimentaciones y canalizaciones
 - b. Red de puesta a tierra
 - c. Seccionadores AT
 - d. Interruptor AT
 - e. Transformadores de medida y protección AT
 - f. Autoválvulas AT
 - g. Transformador principal y accesorios
 - h. Resistencia de puesta a tierra del neutro MT
 - i. Batería de condensadores MT

³ Este esquema corresponde a la modalidad de Estudio Básico de Seguridad y Salud en fase de proyecto, que es más resumido. Pero si la envergadura del proyecto lo exigiese, sería necesario un Estudio completo, en cuyo caso deberá figurar también en Planos y en Presupuesto. Ninguno de los dos podrá ocupar más de 20 páginas.

⁴ Los planos se numerarán respetando esta clasificación. Preferiblemente se dibujarán sobre formato DIN-A3 apaisado. En el cajetín figurará el título del proyecto seguido de la mención "Trabajo fin de grado", el nombre del plano, su número, el nombre del alumno y la fecha (mes y año) en que lo presentará para su evaluación. Como Peticionario del proyecto figurará la "Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial - Área de Ingeniería Eléctrica", y se le añadirá la mención "Tutor: ..." con el nombre del tutor correspondiente, todo junto al emblema oficial de la Universidad de Salamanca. Todos los planos deben entregarse firmados manualmente.

Esta lista solo indica el orden en el que se deben disponer y numerar los planos. El alumno puede incluir, dentro de cada apartado todos los planos que precise, pero siempre al menos uno.

Los planos vendrán preferentemente delineados en blanco y negro, evitando el color. No se admitirán letras de menos de 2 mm de altura. Se limitará al máximo el despilfarro de papel.



- C. Instalaciones interiores
 - a. Aparata interior MT
 - b. Cuadro de control de la subestación
 - c. Sistema de alimentación ininterrumpida
 - d. Otros aparatos interiores
- D. Instalación de mando, control y protección
 - a. Esquemas desarrollados de la aparata AT
 - b. Esquemas desarrollados de la aparata MT
 - c. Esquemas desarrollados de los servicios auxiliares
 - d. Esquemas desarrollados de las protecciones y maniobras
 - e. Esquemas desarrollados del autómata de control
- IX. Mediciones y presupuesto
 - A. Presupuesto desglosado
 - B. Cuadro resumen del presupuesto
 - C. Nombre, fecha y firma