

**METODOLOGIA PARA LA PUESTA
TIERRA DEL EQUIPO DE
INSTRUMENTACION Y DE CONTROL EN
SUBESTACIONES GENERADORAS CON
BASE A LA NORMA IEEE 1050-1996**

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA

Autor: Gerald Stiven Cogaria Correa



METODOLOGIA PARA LA PUESTA A TIERRA DEL EQUIPO DE INSTRUMENTACION Y DE CONTROL EN SUBESTACIONES GENERADORAS CON BASE A LA NORMA IEEE 1050-1996

Universidad de Pamplona- Facultad de Ingenierías y Arquitectura
Departamento EEST- Ingeniería eléctrica

METODOLOGIA PARA LA PUESTA A TIERRA DEL EQUIPO DE INSTRUMENTACION Y DE CONTROL EN SUBESTACIONES GENERADORAS CON BASE A LA NORMA IEEE 1050-1996

Autor

GERALD STIWEN COGARIA CORREA

Optante al título de Ingeniero eléctrico

Director

M.Sc. JESÚS ABELARDO VELAZCO OCHOA

Ingeniero electricista

Magister en matemáticas aplicadas a la Ingeniería

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA
DEPARTAMENTO EEST
INGENIERÍA ELÉCTRICA



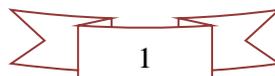
UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
PAMPLONA, diciembre 2020

Autor:

Gerald Stiwén Cogaria Correa

Director:

M.Sc. Jesús A. Velazco Ochoa.





METODOLOGIA PARA LA PUESTA A TIERRA DEL EQUIPO DE INSTRUMENTACION Y DE CONTROL EN SUBESTACIONES GENERADORAS CON BASE A LA NORMA IEEE 1050-1996

Universidad de Pamplona- Facultad de Ingenierías y Arquitectura
Departamento EEST- Ingeniería eléctrica

**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA ELECTRÓNICA SISTEMAS
Y TELECOMUNICACIONES
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTAR
TRABAJO PRESENTADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE
INGENIERO ELÉCTRICO**

**METODOLOGIA PARA LA PUESTA A TIERRA DEL EQUIPO DE
INSTRUMENTACION Y DE CONTROL EN SUBESTACIONES GENERADORAS
CON BASE A LA NORMA IEEE 1050-1996**

FECHA DE INICIO DEL TRABAJO:

FECHA DE TERMINACIÓN DEL TRABAJO:

NOMBRES Y FIRMAS DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTAR

AUTOR: GERALD STIWEN COGARIA CORREA

Stiwen Cogaria

DIRECTOR: ING. JESUS ABELARDO VELAZCO OCHOA

DIRECTOR DE PROGRAMA: ING. YESID RAMON SANTAFE

JURADO CALIFICADOR:

PRESIDENTE: ING. JOSE MAURICIO TRIANA FIGUEROA

OPONENTE: ING. CARLOS FELIPE VELASQUEZ OSORIO

SECRETARIO: ING. JESUS ABELARDO VELAZCO OCHOA

**VILLA DEL ROSARIO, COLOMBIA
18 DE DICIEMBRE**

Autor:
Gerald Stiwen Cogaria Correa

Director:
M.Sc. Jesús A. Velazco Ochoa.



METODOLOGIA PARA LA PUESTA A TIERRA DEL EQUIPO DE INSTRUMENTACION Y DE CONTROL EN SUBESTACIONES GENERADORAS CON BASE A LA NORMA IEEE 1050-1996

Universidad de Pamplona- Facultad de Ingenierías y Arquitectura
Departamento EEST- Ingeniería eléctrica

Dedicatoria

A mi Padre Pedro Cogaria Reyes

Que desde el cielo a estado cuidándome y guiándome por el buen camino, sé que estarías orgulloso de esta familia que amaste tanto cuando estuviste en vida.

A mi Madre Juana Correa Quintero

A ti dedico todas las metas y triunfos que e cosechado, eres mi ejemplo a seguir y mayor inspiración. Orgulloso me siento de ser tu hijo, eres una mujer única y guerrera no dejas de sorprenderme día a día al dar todo lo mejor de ti para que mis hermanas y yo nunca nos falte nada y seamos personas correctas, por tantas enseñanzas que a lo largo de la vida me has otorgado, gracias por tanto amor y cariño, este logro te lo dedico a ti madre.

A mis Hermanas Astrid Milena y Danna Valentina

Que siempre han estado para brindarme cariño y apoyo a lo largo de estos años.

Autor:
Gerald Stiwen Cogaria Correa

Director:
M.Sc. Jesús A. Velazco Ochoa.



METODOLOGIA PARA LA PUESTA A TIERRA DEL EQUIPO DE INSTRUMENTACION Y DE CONTROL EN SUBESTACIONES GENERADORAS CON BASE A LA NORMA IEEE 1050-1996

Universidad de Pamplona- Facultad de Ingenierías y Arquitectura
Departamento EEST- Ingeniería eléctrica

Agradecimientos

En estas líneas quiero agradecer a todas las personas que hicieron posible la culminación de esta etapa y que estuvieron conmigo en todo momento. Estas palabras son para ustedes. A mi madre a la cual le debo el ser la persona que hoy en día escribe estas palabras, espero estés orgullosa, a mis amigos con los cuales compartí tanto en las aulas de clase como por fuera de ellas, a mis amigos del colegio que aun siguen estando presentes para darme todo su apoyo.

De igual manera agradecer a todos los profesores que a lo largo de estos años me han brindado sus conocimientos y por formarme como profesional, en especial a mi director Jesus Abelardo Velazco quien con sus consejos y enseñanzas hoy puedo culminar esta etapa.

Autor:
Gerald Stiwén Cogaria Correa

Director:
M.Sc. Jesús A. Velazco Ochoa.



METODOLOGIA PARA LA PUESTA A TIERRA DEL EQUIPO DE INSTRUMENTACION Y DE CONTROL EN SUBESTACIONES GENERADORAS CON BASE A LA NORMA IEEE 1050-1996

Universidad de Pamplona- Facultad de Ingenierías y Arquitectura
Departamento EEST- Ingeniería eléctrica

Abstract

El Presente proyecto trata sobre la elaboración de una metodología bajo el estándar IEE 1050-1996 para la puesta a tierra del equipo de Instrumentación y de Control en Subestaciones Generadoras la cual nos proporciona información sobre los métodos de puesta a tierra para los equipos de instrumentación y control. Donde se iniciará con la lectura de la norma para tener un dominio del tema para posteriormente Esquematizar los diferentes requisitos que nos propone la norma referente a la minimización del ruido, los tipos de conexiones de estos sistemas y los blindajes al cable de tierra. Posteriormente desarrollar el Documento con la Metodología que contemple los requisitos para el diseño de puesta a tierra de los equipos de Instrumentación y Control y así lograr un nivel adecuado de protección para el personal y el equipo.

Autor:
Gerald Stiwén Cogaria Correa

Director:
M.Sc. Jesús A. Velazco Ochoa.



METODOLOGIA PARA LA PUESTA A TIERRA DEL EQUIPO DE INSTRUMENTACION Y DE CONTROL EN SUBESTACIONES GENERADORAS CON BASE A LA NORMA IEEE 1050-1996

Universidad de Pamplona- Facultad de Ingenierías y Arquitectura
Departamento EEST- Ingeniería eléctrica

Tabla de Contenidos

Introducción

Capítulo 1 Información general	15
1.1. Objetivos.....	15
1.1.1. Objetivo general.....	15
1.1.2. Objetivos específicos.....	15
1.2. Planteamiento del problema y Justificación	15
1.3. Estado del arte.....	16
1.4. Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEE)	16
1.4.1. Reseña histórica del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE)	16
1.4.2. Como funciona el IEEE.....	19
1.4.3. Marco legal y Regulatorio	21
Capítulo 2 Marco Teórico.....	23
2.1. Tipos de subestaciones eléctricas.....	23
2.2. Clasificación de las Subestaciones Eléctricas	23
2.2.1. Subestaciones en las Plantas Generadoras o Centrales Eléctricas	23
2.2.2. Subestaciones Receptoras Primarias	24
2.2.3. Subestaciones Receptoras Secundarias.....	24
2.3. Conceptos Básicos.....	24
Capítulo 3 Criterios de diseño según la Norma IEEE 1050-1996 para la puesta a Tierra	29
3.1. Criterios Básicos Para el Diseño de la Puesta a tierra en una Subestación	29
3.2. Objetivos Principales del diseño para la Puesta a Tierra según la Norma IEEE 1050-1996	29
3.2.1. Puntos a tener en Cuenta	30
3.3. Consideraciones Sobre el Terreno.....	30
3.3.1. Terrenos de Seguridad	30
3.3.2. Longitudes del Conductor de Tierra.....	31
3.3.3. Interconexión entre estación de generación y la Subestación	31
3.3.4. Aparatos de Distribución con aislamiento de gas (SIG)	32

Autor:
Gerald Stiwen Cogaria Correa

Director:
M.Sc. Jesús A. Velazco Ochoa.



METODOLOGIA PARA LA PUESTA A TIERRA DEL EQUIPO DE INSTRUMENTACION Y DE CONTROL EN SUBESTACIONES GENERADORAS CON BASE A LA NORMA IEEE 1050-1996

Universidad de Pamplona- Facultad de Ingenierías y Arquitectura

Departamento EEST- Ingeniería eléctrica

3.3.5.	Conexión a tierra de conductores y bandejas de cables.....	32
3.4.	Sistemas de tierra de señales	33
3.4.1.	Sistema de puesta a tierra de un solo punto	33
3.4.1.1	Gabinetes en estrecha proximidad.....	34
3.4.1.2	Gabinetes que están ampliamente separados	35
3.4.2.	Sistema de puesta a tierra de puntos múltiples	37
3.5.	Puesta a tierra de circuitos de control de baja frecuencia basada en la susceptibilidad.....	39
3.5.1.	Puesta a tierra de los circuitos de control de alta susceptibilidad.....	39
3.5.2.	Puesta a tierra de los circuitos de control de media susceptibilidad.....	39
3.5.3	Puesta a tierra de los circuitos de control de baja susceptibilidad	40
Capítulo 4	Consideraciones de diseño para minimizar el ruido eléctrico.....	42
4.1.	Fuentes de ruido típicas y sus características	42
4.1.1.	Fuentes naturales.....	42
4.1.2.	Fuentes accidentales.....	43
4.2.	Métodos de Acoplamiento del Ruido	45
4.3.	Métodos de Acoplamiento del Ruido	48
4.3.1	Supresión en la fuente	48
4.3.2	Colocación y aislamiento de los cables de control	50
4.3.4	Filtros	52
4.3.5	Otras técnicas de minimización del ruido	53
Capítulo 5	Conexión a tierra del blindaje del cable de señal	57
5.1.	Requisitos del Blindaje del cable.....	57
5.2.	Prácticas del Blindaje de la Puesta a tierra	58
5.2.1.	Circuito no apantallado conectado a tierra en un solo punto	58
5.2.2.	Circuito blindado conectado a tierra en un extremo.....	59
5.2.3.	Circuito blindado conectado a tierra en ambos extremos	60
5.3.	Práctica de puesta a tierra del Cuadro Central de Distribución (CDF).....	62
5.4.	Cable Coaxial	62
5.5	Cable de par trenzado	63

Autor:

Gerald Stiwen Cogaria Correa

Director:

M.Sc. Jesús A. Velazco Ochoa.



METODOLOGIA PARA LA PUESTA A TIERRA DEL EQUIPO DE INSTRUMENTACION Y DE CONTROL EN SUBESTACIONES GENERADORAS CON BASE A LA NORMA IEEE 1050-1996

Universidad de Pamplona- Facultad de Ingenierías y Arquitectura

Departamento EEST- Ingeniería eléctrica

5.6 Circuitos equilibrados	64
Capítulo 6 Técnicas para minimizar las Fuentes de Ruido, Las Conexiones a tierra de los sistemas de Instrumentación y control, el Blindaje del cable de señal considerados para el diseño de la puesta a tierra en Subestaciones Generadoras	65
6.1. Sistema de Puesta a Tierra	65
6.1.1 Objetivos	65
6.1.2. Terrenos de Seguridad	66
6.1.3. Conexión a tierra de conductos y bandejas de cables	67
6.1.4. Sistema de tierra de señales	67
6.1.5. Puesta a tierra de circuitos de control de baja frecuencia basada en la susceptibilidad	68
6.2. Minimización Del Ruido	68
6.2.1. Acoplamiento de impedancia Común	68
6.2.2. Acoplamiento Capacitivo	69
6.2.3. Acoplamiento Inductivo	69
6.2.4. Acoplamiento Radioactivo	70
6.2.5. Técnicas de rechazo del modo común	70
6.3. Consideraciones De Blindaje De Cables	71
6.3.1 Aplicación de métodos de puesta a tierra del blindaje de cables	71
6.3.2 Requisitos generales para la puesta a tierra del bucle de control	72
6.3.3 Terreno flotante para comunicaciones digitales en un sistema distribuido	73
Capítulo 7 Resultados	74
7.1. Formato	74
7.2. Contenido del Documento	75
.....	85
Capítulo 8 Conclusiones	86
Capítulo 9 Recomendaciones y Trabajos Futuros	87
Lista de referencias	88

Autor:
Gerald Stiwen Cogaria Correa

Director:
M.Sc. Jesús A. Velazco Ochoa.



METODOLOGIA PARA LA PUESTA A TIERRA DEL EQUIPO DE INSTRUMENTACION Y DE CONTROL EN SUBESTACIONES GENERADORAS CON BASE A LA NORMA IEEE 1050-1996

Universidad de Pamplona- Facultad de Ingenierías y Arquitectura

Departamento EEST- Ingeniería eléctrica

Lista de Figuras

<i>Figura 1 Sistema de tierra de un solo punto para señales de baja frecuencia</i>	35
<i>Figura 2 Sistema puesta a tierra de puntos múltiples para señales de alta frecuencia</i>	37
<i>Figura 3 Sistema de Tierra Flotante</i>	38
<i>Figura 4 Conexión a tierra de la señal de control general</i>	40
<i>Figura 5 Forma de onda de la muesca en la línea</i>	45
<i>Figura 6 Ejemplo de Acoplamiento de Impedancia Común</i>	46
<i>Figura 7 Ejemplo de Acoplamiento Capacitivo</i>	46
<i>Figura 8 Ejemplo de acoplamiento inductivo</i>	47
<i>Figura 9 Supresión con diodo y resistencia en serie</i>	49
<i>Figura 10 Capacidad vs Separación de los conductores</i>	51
<i>Figura 11 Cables de control de par trenzado</i>	58
<i>Figura 12 Circuito blindado conectado a tierra en un extremo</i>	59
<i>Figura 13 Escudo conectado a tierra en la fuente de la señal</i>	60
<i>Figura 14 Pantalla puesta a tierra en ambos extremos ideal</i>	61
<i>Figura 15 Pantalla puesta a tierra en ambos extremos actual</i>	61
<i>Figura 16 Rechazo de modo común con circuitos balanceados</i>	64
<i>Figura 17 Diseño de la portada del documento</i>	74
<i>Figura 18 Contenido del Documento</i>	75
<i>Figura 19 Pagina 2 Documento Resultado</i>	76
<i>Figura 20 Pagina 3 Documento Resultado</i>	77
<i>Figura 21 Pagina 4 Documento Resultado</i>	78
<i>Figura 22 Pagina 5 Documento Resultado</i>	79
<i>Figura 23 Pagina 6 Documento Resultado</i>	80
<i>Figura 24 Pagina 7 Documento Resultado</i>	81
<i>Figura 25 Pagina 8 Documento Resultado</i>	82
<i>Figura 26 Pagina 9 Documento Resultado</i>	83
<i>Figura 27 Pagina 10 Documento Resultado</i>	84
<i>Figura 28 Lista de Chequeo</i>	85

Autor:

Gerald Stiwen Cogaria Correa

Director:

M.Sc. Jesús A. Velazco Ochoa.



METODOLOGIA PARA LA PUESTA A TIERRA DEL EQUIPO DE INSTRUMENTACION Y DE CONTROL EN SUBESTACIONES GENERADORAS CON BASE A LA NORMA IEEE 1050-1996

Universidad de Pamplona- Facultad de Ingenierías y Arquitectura

Departamento EEST- Ingeniería eléctrica

Lista de Esquemas

<i>Esquema 1 Sistemas de Tierra de Señal</i>	<i>41</i>
<i>Esquema 2 Mecanismos de Acople</i>	<i>55</i>
<i>Esquema 3 Técnicas de Minimización del Ruido Eléctrico</i>	<i>56</i>
<i>Esquema 4 General de la norma</i>	<i>65</i>

Lista de Tablas

<i>Tabla 1 Características típicas de un Relámpago</i>	<i>42</i>
<i>Tabla 2 Valores Típicos</i>	<i>43</i>

Autor:
Gerald Stiwén Cogaria Correa

Director:
M.Sc. Jesús A. Velazco Ochoa.



METODOLOGIA PARA LA PUESTA A TIERRA DEL EQUIPO DE INSTRUMENTACION Y DE CONTROL EN SUBESTACIONES GENERADORAS CON BASE A LA NORMA IEEE 1050-1996

Universidad de Pamplona- Facultad de Ingenierías y Arquitectura
Departamento EEST- Ingeniería eléctrica

Introducción

Un sistema electrónico de Instrumentación y Control puede verse como un concentrador complejo que consta de uno o más microprocesadores y numerosos circuitos que se interconectan a través de cables con los dispositivos finales. Las interconexiones pueden ser complejas y puede ser imposible utilizar rutas de retorno individuales para cada dispositivo final. Una conexión a tierra inadecuada puede causar el flujo de corrientes de ruido eléctrico en estos retornos de señales comunes y crear problemas. La mayoría de las señales en los sistemas de Instrumentación y Control de la estación generadora son señales de CC o de baja frecuencia.

Un objetivo fundamental de un sistema de tierra de señal es lograr los mismos objetivos de seguridad que el sistema de tierra de seguridad del equipo, pero hacerlo mientras se mantienen los conductores de tierra de seguridad del equipo eléctrico separados de los conductores de tierra de Instrumentación y Control. La separación se desea para minimizar el acoplamiento EMI de los equipos eléctricos, que pueden tener altos niveles de EMI que podrían interferir o dañar los equipos de Instrumentación y Control sensibles. Hay tres enfoques comunes para esto: conexión a tierra de un solo punto, conexión a tierra de múltiples puntos y terrenos flotantes. Cada concepto tiene sus ventajas y desventajas, y un sistema típico de tierra de señales de una estación generadora puede usar una combinación de los tres, pero en ningún caso se implementará un método de tal manera que cree un riesgo personal o de incendio.

En el presente trabajo se aborda todos aquellos criterios de diseño que nos presenta la Norma IEEE 1050-1996 para el diseño de la puesta a tierra en una subestación generadora los cuales se detallan en los capítulos 3,4 y 5. una vez sintetizada esta información se presenta los pasos a seguir para una adecuada minimización del ruido dependiendo el caso de acoplamiento, los diferentes métodos de conexión a tierra de los sistemas de instrumentación y control, al igual que las recomendaciones y requisitos que se deben tener en cuenta para el blindaje de los cables de la señal, esto se detalla en el capítulo 6.

Autor:
Gerald Stiwen Cogaria Correa

Director:
M.Sc. Jesús A. Velazco Ochoa.



METODOLOGIA PARA LA PUESTA A TIERRA DEL EQUIPO DE INSTRUMENTACION Y DE CONTROL EN SUBESTACIONES GENERADORAS CON BASE A LA NORMA IEEE 1050-1996

Universidad de Pamplona- Facultad de Ingenierías y Arquitectura
Departamento EEST- Ingeniería eléctrica

Capítulo 1 Información general

1.1.Objetivos

1.1.1. Objetivo general

Elaborar una metodología para la puesta a tierra del equipo de instrumentación y de control en subestaciones generadoras con base a la norma IEEE 1050-1996

1.1.2. Objetivos específicos

- Establecer los Criterios según el estándar IEEE 1050-1996 para la puesta a tierra de equipos de instrumentación y de control en subestaciones generadoras.
- Esquematizar las Técnicas para minimizar las Fuentes de Ruido, Las Conexiones a tierra de los sistemas de Instrumentación y control, el Blindaje del cable de señal considerados para el diseño de la puesta a tierra en Subestaciones Generadoras.
- Elaborar el Documento con la Metodología bajo la norma IEEE 1050-1996.

1.2.Planteamiento del problema y Justificación

El Incremento de la cantidad de equipos electrónicos digitales continúa cambiando la forma en que la sociedad utiliza y depende de la continuidad de la energía eléctrica, la necesidad de prácticas estandarizadas para la protección de la energía y la conexión a tierra continúa creciendo. El entorno típico en una estación generadora proporciona muchas fuentes de ruido eléctrico, como la conmutación de grandes cargas inductivas, altas corrientes de falla, conmutación estática y transitorios de alta frecuencia y alta energía asociados con la conmutación en el nivel de voltaje de transmisión o generador. El uso cada vez mayor de equipos de estado sólido, control por computadora o microprocesador en estas aplicaciones se introducen una serie de preocupaciones específicas con respecto al control de ruido eléctrico, Para esto la norma IEEE 1050-1996 nos proporciona unas directrices de diseño para la puesta a tierra de los equipos de instrumentación y control de la subestación.

Este proyecto se desarrolla con el fin de poder identificar las pautas con respecto al diseño de la puesta a tierra para subestaciones generadoras, esta Metodología ayudara a distintas personas involucradas en estos trabajos ya sean operarios o ingenieros a tener un mayor entendimiento de la norma a la hora de ser aplicada en cada situación que se requiera. El aporte de este proyecto será un documento con la metodología de la norma donde se esquematizarán aquellas pautas, directrices o recomendaciones para estos tipos de conexiones.

Autor:
Gerald Stiwen Cogaria Correa

Director:
M.Sc. Jesús A. Velazco Ochoa.



METODOLOGIA PARA LA PUESTA A TIERRA DEL EQUIPO DE INSTRUMENTACION Y DE CONTROL EN SUBESTACIONES GENERADORAS CON BASE A LA NORMA IEEE 1050-1996

Universidad de Pamplona- Facultad de Ingenierías y Arquitectura
Departamento EEST- Ingeniería eléctrica

1.3.Estado del arte

Hybrid I&C Grounding in PFBR

Esta investigación la realizaron M. Sivaramakrishna y K. Madhusoodanan en el centro Gandhi de Investigación Atómica con el fin de demostrar la viabilidad tecno económica de los reactores rápidos refrigerados por sodio para la explotación comercial para lo cual en su diseño tuvieron que diseñar la puesta a tierra de este equipo y utiliza eficazmente el terreno para mejorar el rendimiento con el último estándar IEEE 1050.[1]

Ground fault protection for electric utility generating station medium voltage auxiliary power systems

Esta investigación la realizo Daniel J. Love, miembro sénior de EEE Bechtel Corporación de energía Los Ángeles, California con el fin de demostrar que el uso de protección de falla a tierra en la conexión residual tradicional ya no es una solución automática, ni tampoco lo son los nuevos relés de baja carga. El cual enfatiza un enfoque de sistema que produce una selección de relés y resistencias neutrales y métodos para brindar mayor protección y un uso novedoso de un transformador de corriente redundante en la fuente.[2]

Grounding system design for isolated locations and plant systems

Esta investigación la realizaron Marcus O. Durham y Robert A. Durham la cual trata sobre la puesta a tierra de transitorios, energía y personal. Los diseños incluyen instalaciones en plantas y para equipos aislados y remotos. Los métodos han demostrado ser eficaces para tuberías, instalaciones de producción, plantas de gas y plantas de energía para ello presentan diez estudios de casos de diversas aplicaciones ilustran la pertinencia de las técnicas y procedimientos.[3]

1.4.Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEE)

1.4.1. Reseña histórica del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE)

El IEEE es una institución dedicada a promover la innovación tecnológica y la excelencia en beneficio de la humanidad, es la más grande asociación de profesionales técnicos en el mundo. Está diseñada para servir a los ingenieros que manejan los aspectos de los campos de la electrónica, la electricidad y la computación y áreas relacionadas con la ciencia y la tecnología que conlleva la vida moderna. Los inicios de la IEEE datan de 1884 cuando empezaba a surgir la electricidad como la mayor fuerza en la sociedad. En aquella época la

Autor:
Gerald Stiwen Cogaria Correa

Director:
M.Sc. Jesús A. Velazco Ochoa.



METODOLOGIA PARA LA PUESTA A TIERRA DEL EQUIPO DE INSTRUMENTACION Y DE CONTROL EN SUBESTACIONES GENERADORAS CON BASE A LA NORMA IEEE 1050-1996

Universidad de Pamplona- Facultad de Ingenierías y Arquitectura

Departamento EEST- Ingeniería eléctrica

industria del telégrafo era más grande que la industria eléctrica. El telégrafo cuya aparición pública data de 1840 puso en contacto al mundo con un sistema de comunicaciones mucho más rápido que cualquier otro medio de transporte. Por aquellos tiempos el poder eléctrico y el de la luz desembocaron en los inventos de Thomas Alva Edison.

Fundación de la AIEE.

En la primavera de 1884, un pequeño grupo de individuos pertenecientes a la profesión eléctrica se reunieron en Nueva York. Ellos decidieron formar una asociación para apoyar a los profesionistas en este naciente campo de la tecnología y ayudarlos en sus esfuerzos de desarrollar innovadoramente sus trabajos para el beneficio de la humanidad. El Instituto Americano de Ingenieros Eléctricos (AIEE, por sus siglas en inglés). En octubre de ese año estableció su primera reunión técnica en Filadelfia. Estuvieron presentes muchos líderes de aquella época como el presidente de la Western Unión, Norvin Green quien representaba a los telegrafistas, Tomás Alva Edison era el representante de los electricistas y Alexander Graham Bell, representante de los telefonistas. La energía eléctrica se diseminó rápidamente en todo el mundo mejorada por innovaciones técnicas como la que aportó Nikola Tesla: el motor de inducción de corriente alterna, la transmisión a larga distancia de corriente alterna, plantas de energía eléctrica a escala y grandes y comercializadas por industrias como La Westinghouse y La General Electric. Entonces la IEEE se enfocó en el desarrollo de la tecnología orientada hacia la creación y manejo de la energía eléctrica y en su habilidad para mejorar la vida de las personas a través de una serie de productos, aparatos y servicios imaginables había también, un enfoque secundario referente a la comunicación alámbrica tanto en el telégrafo como en el teléfono, entonces a través de reuniones técnicas, promoción de estándares, de esta manera AIEE lideraba el crecimiento de la profesión de la ingeniería electrónica.

Fundación del IRE

Una nueva industria empezaba a surgir con Guillermo Marconi y la telegrafía inalámbrica casi al final del siglo XIX. La tecnología inalámbrica del telégrafo ayudó a que se desarrollara el radio que amplió las posibilidades eléctricas con los tubos de vacío (bulbos) los cuales evolucionaron del diodo de John Fleming y el triodo de Lee de Forest. Con la nueva industria apareció una nueva sociedad en 1912, el Instituto de Ingeniería Radiofónica, IRE por sus siglas en inglés (Institute Of Radio Engineering, el IRE basó su estructura en el AIEE, pero se especializó en las frecuencias radiofónicas a través del desarrollo de la electrónica. Esto provocó la unidad de los miembros de estas instituciones: a través de publicaciones, el desarrollo de estándares, la realización de congresos y conferencias, todo esto los motivó a desarrollar sus industrias promoviendo innovación y excelencia en los productos y servicios emergentes.

Autor:

Gerald Stiwen Cogaria Correa

Director:

M.Sc. Jesús A. Velazco Ochoa.



METODOLOGIA PARA LA PUESTA A TIERRA DEL EQUIPO DE INSTRUMENTACION Y DE CONTROL EN SUBESTACIONES GENERADORAS CON BASE A LA NORMA IEEE 1050-1996

Universidad de Pamplona- Facultad de Ingenierías y Arquitectura
Departamento EEST- Ingeniería eléctrica

Fusión de las sociedades.

Con la ayuda y liderazgo de estas dos sociedades y con las aplicaciones e innovaciones desarrolladas por sus miembros para la industria, se construyó un camino que conforme pasaban los años los unió estrechamente: la televisión, el radar, los transistores, computadoras. Conforme pasaba el tiempo y se desarrollaban las tecnologías la AIEE, el IRE, se dieron cuenta que las investigaciones iban por el mismo camino, así que en el año de 1963 ambas instituciones convergieron para formar el Instituto Ingenieros en Electrónica y Electricidad, más conocido en el mundo por sus siglas en inglés como la IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers; al formarse contaba con 150,000 miembros de los cuales 10,000 radican fuera de los Estados Unidos de América.

Crecimiento y globalización.

En las siguientes décadas, bajo el continuo liderazgo del IEEE, el rol social de las tecnologías bajo este eje se expandió a todo el mundo y ha alcanzado cada vez más áreas en la vida de las personas. En el siglo XXI el IEEE sirve a los intereses de sus miembros con 38 sociedades 130 publicaciones entre periódicos y revistas, más de 300 conferencias anuales y 900 estándares activos.

Desde entonces la computadora a evolucionado desde las gigantes mainframes a las computadoras de escritorio, hasta los equipos portables: laptops y minilaptops todo formando parte de la gran red global conectada vía satélite y por fibra óptica. El campo de interés del IEEE se expandió más allá de la ingeniería electrónica, la ingeniería eléctrica y la computación incursionando en tecnologías como la micro y la nano, el ultrasonido la bioingeniería, la robótica, materiales eléctricos y electrónicos y muchas otras áreas más.

El IEEE ha mantenido su paso y se ha convertido en una institución de carácter global que emplea la inventiva e innovación en la tecnología de los practicantes que representa para mejorar su propia excelencia entregando productos y servicios a sus miembros, a las industrias y al público en general. A través de esta amplia red mundial de unidades geográficas, publicaciones, programas educacionales y publicaciones en línea, con más de 375 000 miembros en 160 países, servicios web y conferencias, el IEEE permanece cómo la asociación con liderazgo mundial en el desarrollo y vanguardia de la tecnología.

Autor:
Gerald Stiwen Cogaria Correa

Director:
M.Sc. Jesús A. Velazco Ochoa.



METODOLOGIA PARA LA PUESTA A TIERRA DEL EQUIPO DE INSTRUMENTACION Y DE CONTROL EN SUBESTACIONES GENERADORAS CON BASE A LA NORMA IEEE 1050-1996

Universidad de Pamplona- Facultad de Ingenierías y Arquitectura
Departamento EEST- Ingeniería eléctrica

1.4.2. Como funciona el IEEE.

Asociación de estándares del IEEE.

Esta asociación está relacionada a la conducción y desarrollo de estándares en la industria en una amplia variedad de campos. Mundialmente reconocida la IEEE-SA (IEEE-SA, Intitute of Electronical and Electric Engineers- Standards Asociation) tiene relaciones estratégicas con el IEC (International Elechrotecnical Commission), la ISO (International Organization Standardization) y el ITU (International Comunication Union) y satisface todos los requisitos que la SDO (Standards Development Organization) fija a través de la Organización Mundial de Marcas WTO, (World Trade Organization) facilitando las vías para lograr una estandarización a nivel internacional.

Los campos sobre los que generalmente se ocupa de desarrollar estándares son:

- Energía eléctrica
- Información y tecnología
- Telecomunicaciones
- Transportes
- Medicina y rehabilitación.
- Nuevos campos como la nanotecnología, ciberseguridad, información y tecnología verde

Con un portafolio activo de cerca de 1,300 estándares y proyectos en desarrollo, el IEEE-SA a incrementado la fuente central de estandarización en un amplio rango de tecnologías emergentes, dándole la bienvenida a ingenieros y organizaciones para participar el desarrollo de estándares en los diferentes campos.

El IEEE-SA y el desarrollo de estándares y la implementación de servicios.

El desarrollo de estándares y la implementación de servicios (SDSI), ofrece un completo y diverso rango de servicios dirigidos a cada etapa del proceso de desarrollo e implementación de estándares. Esta aproximación ayuda a los grupos a acelerar el desarrollo, aprobación y publicación de estándares, así como establecer programas de evaluaciones de conformidad y matrices de patentes y auspiciar la implementación de mercados para esos estándares. Cada grupo puede fijar su programa de presupuesto y seleccionar los servicios basados en sus propias prioridades necesidades y recursos.

De esta manera el IEEE-SA trata de salvar obstáculos y desafíos que puedan impactar el proceso de desarrollo, implementación, aplicación y verificación de un estándar. Un grupo

Autor:
Gerald Stiwen Cogaria Correa

Director:
M.Sc. Jesús A. Velazco Ochoa.



METODOLOGIA PARA LA PUESTA A TIERRA DEL EQUIPO DE INSTRUMENTACION Y DE CONTROL EN SUBESTACIONES GENERADORAS CON BASE A LA NORMA IEEE 1050-1996

Universidad de Pamplona- Facultad de Ingenierías y Arquitectura
Departamento EEST- Ingeniería eléctrica

asesor de experimentados profesionales pueden aportar habilidades y experiencia para que los desarrolladores de estándares puedan contar con alguna guía eficiente, económica y asesoría durante todo el proceso.

Al enfocar un proyecto en áreas críticas de la tecnología, el IEEE puede proporcionar los siguientes beneficios a través de sus expertos:

- Desarrollo y coordinación de un plan de dirección de proyecto basado en las prioridades, necesidades y objetivos del grupo.
- Absorber la administración de tareas para que el grupo se centre en el trabajo técnico.
- Promover el estándar dentro de las comunidades de negocios y grupos técnicos.
- El IEEE-SA ofrece un amplio portafolio orientados a los servicios de soporte. La disponibilidad de un directorio de servicios Premium que le pueden dar al grupo la flexibilidad para seleccionar la mejor y más favorable estrategia para desarrollar sus propios estándares metas y requerimientos de implementación.

Comités que integran la IEEE-SA.

Existen 6 comités que integran la asociación de Estándares del IEEE:

- Comité de procedimientos (ProCom).
- Comité de nuevos estándares (NesCom).
- Comité de revisión de estándares (RevCom).
- Comité de auditorías (AudCom).
- Comité administrativo (AdCom).
- Comité de patentes (PatCom).
- Comité de procedimientos.

Este comité es responsable de hacer recomendaciones al buró del IEEE-SA, en relación a cambio y mejoras en los procedimientos que promuevan una eficiente descarga de responsabilidades para el buró del IEEE-SA, y otros comités del instituto relacionados con la estandarización.

Comité de nuevos estándares.

Este comité es responsable de asegurarse que los proyectos estándares propuestos están dentro del ámbito de estudio y análisis del IEEE, para que esos proyectos de estandarización

Autor:
Gerald Stiwen Cogaria Correa

Director:
M.Sc. Jesús A. Velazco Ochoa.



METODOLOGIA PARA LA PUESTA A TIERRA DEL EQUIPO DE INSTRUMENTACION Y DE CONTROL EN SUBESTACIONES GENERADORAS CON BASE A LA NORMA IEEE 1050-1996

Universidad de Pamplona- Facultad de Ingenierías y Arquitectura
Departamento EEST- Ingeniería eléctrica

sean delegados a los comités, sociedades y cuerpos organizacionales del IEEE y que todas las partes interesadas estén apropiadamente representadas en el desarrollo de los estándares que patrocina el IEEE.

Comité de revisión de estándares.

Esté comité se encarga de revisar todas presentaciones o propuestas de proyecto para su aprobación para los nuevos y autorizados estándares y para la reafirmación, estabilización y retiro de estándares existentes para asegurar que las propuestas representan un consenso de todas las partes teniendo un significativo interés en los temas cubiertos. El comité rutinariamente examina las presentaciones de los estándares para asegurarse que todos los requisitos aplicables por la IEEE-SA Standards Board Bylaws y la IEEE-SA Standards Board Operation Manual, han sido correctamente seguidas y poder hacer recomendaciones a la IEEE-SA considerando la aprobación de esos reportes.

Comité de Auditorías.

Este comité se responsabiliza de supervisar los procedimientos para las actividades de desarrollo de estándares de las sociedades, de sus entidades de desarrollo de estándares y de los comités coordinadores de estándares.

Comité Administrativo.

Este comité actúa para la asociación de estándares reuniones y recomendaciones para el buró de estándares para la disposición de encuentros regulares.

Comité de Patentes.

Este comité se encarga de supervisar el uso de cualquier patente y de las patentes de información de los estándares IEEE, también se encarga de revisar cualquier patente de información registrada por el IEEE-SA en la asociación de estándares para determinar la conformidad con las guías y procedimientos de las patentes.[4]

1.4.3. Marco legal y Regulatorio

Para el análisis y aplicación del presente proyecto se tendrá en cuenta lo previsto en la norma IEE 1050-1994 o aquellas que la modifiquen, complementen o adicione, - regulación, expedida por la IEEE se publicó por primera vez en 1989 después de un ciclo de desarrollo de cinco años. Las recomendaciones específicas para la puesta a tierra de los sistemas de control distribuido (DCS) se omitieron intencionalmente de la edición de 1989, ya que en el momento en que se redactó el documento (1984-1987), no había una gran base de sistemas

Autor:
Gerald Stiwen Cogaria Correa

Director:
M.Sc. Jesús A. Velazco Ochoa.



METODOLOGIA PARA LA PUESTA A TIERRA DEL EQUIPO DE INSTRUMENTACION Y DE CONTROL EN SUBESTACIONES GENERADORAS CON BASE A LA NORMA IEEE 1050-1996

Universidad de Pamplona- Facultad de Ingenierías y Arquitectura
Departamento EEST- Ingeniería eléctrica

instalados y experiencia de usuario desde la cual escribir una guía. La experiencia desde 1989 ha demostrado que la conexión a tierra de DCS no es esencialmente diferente de los conceptos presentados en la versión de 1989 y no requeriría un tratamiento especializado en la guía.

La asociación de estándares de la IEEE, es el principal escaparate, de estándares a nivel mundial relacionados con la industria los cuales abarcan diversos campos, tales como:

- Energía eléctrica.
- Telecomunicaciones.
- Tecnología e Información.
- Transporte.
- Medicina y cuidado intensivo.
- Tecnologías emergentes como, la nanotecnología, la robótica, la ciberseguridad...

La piedra angular de la asociación de estándares del IEEE (IEEE-SA) es el de establecer un programa que ofrezca el balance, la franqueza que requieren los procesos de estandarización para ser elegidos basados en la certeza y firmeza de las técnicas.

El IEEE, como organización que busca continuamente el desarrollo de la calidad en todos sus procesos, la asociación de estándares de IEEE ha progresado debido a la diversidad técnica de sus colaboradores y miembros participantes, quienes, en su mayoría, son líderes en tecnología, en corporaciones, organizaciones, universidades, agencias de gobierno. Con este conocimiento globalizado los miembros contribuyen a fortalecer la integridad y el valor de los estándares que el IEEE promueve a nivel mundial.

Autor:
Gerald Stiwen Cogaria Correa

Director:
M.Sc. Jesús A. Velazco Ochoa.



Capítulo 2

Marco Teórico

Subestación eléctrica: Una subestación eléctrica es una instalación, o conjunto de dispositivos eléctricos, que forma parte de un sistema eléctrico de potencia. Su principal función es la producción, conversión, regulación y distribución de la energía eléctrica. La subestación debe modificar y establecer los niveles de tensión de una infraestructura eléctrica, para que la energía eléctrica pueda ser transportada y distribuida.[5]

La Subestacion deber ser diseñada y puesta en operación para satisfacer las necesidades del sistema, considerando los costos de la misma pero sin reducir la calidad del servicio electrico.

2.1. Tipos de subestaciones eléctricas

Existen cuatro tipos de subestaciones eléctricas que queremos presentarte:

1. **De transformación:** poseen uno o varios transformadores que elevan o reducen la tensión.
2. **De maniobra:** además de transformar la tensión son capaces de conectar dos o más circuitos.
3. **Transformadoras elevadoras:** este tipo de subestación eléctrica eleva la tensión generada a niveles mucho más altos para poder transformarla.
4. **Transformadoras reductoras:** finalmente, a diferencia de las subestaciones transformadoras elevadoras, las reductoras disminuyen las tensiones altas a niveles medios para poder distribuirlos.[6]

2.2. Clasificación de las Subestaciones Eléctricas

2.2.1. Subestaciones en las Plantas Generadoras o Centrales Eléctricas

Estas se encuentran adyacentes a las centrales Eléctricas o plantas generadoras de electricidad para modificar los parámetros de la potencia Suministrados por los generadores para permitir la transmisión en alta tensión en las líneas de transmisión a este respecto se puede mencionar que los generadores pueden suministrar la potencia entre 5 y 25 kv y las transmisión dependiendo del volumen de energía y la distancia se puede efectuar a 69, 85, 115, 138, 230 o 400 kv, en algunos países se emplean tensiones de transmisión de 765, 800 y hasta 1200 kv en C.A.[7]



2.2.2. Subestaciones Receptoras Primarias

Estas son alimentadas directamente de las líneas de transmisión y reducen la tensión a valores menores para la alimentación de los sistemas de subtransmisión o las redes de distribución, de manera que dependiendo de la tensión de transmisión pueden tener en su secundario tensiones del orden de 115, 69 y eventualmente 34.5, 13.2, 6.9, ó 4.16 kv.[7]

2.2.3. Subestaciones Receptoras Secundarias

Estas son por lo general alimentadas de las redes de subtransmisión y suministran la energía eléctrica a las redes de distribución a tensiones comprendidas entre 34.5 y 6.9 kv.[8]

2.3. Conceptos Básicos

Sistema de Puesta a Tierra: El Sistema de Puesta a Tierra (STP) es un arreglo de conductores verticales y horizontales interconectados mediante soldaduras exotérmicas, los cuales conforman un mecanismo de seguridad contra fallas de las instalaciones eléctricas, mitigando el riesgo de electrocución de las personas que estén trabajando con los elementos que se encuentren en falla eléctrica.[9]

Tierra de Referencia: La referencia a la tierra es la etapa de investigación formal de los derechos mantenidos en la tierra. Incluye datos relacionados con factores que incluyen propiedad, informes ambientales y planes y escrituras de la tierra.[10]

Electrodo de Puesta a Tierra: Conductor en íntimo contacto con el suelo, para proporcionar una conexión eléctrica con el terreno. Puede ser una varilla, tubo, placa, cinta, o cable. [10]

Tierra: Para sistemas eléctricos, es una expresión que generaliza todo lo referente a sistemas de puesta a tierra. En temas eléctricos se asocia a suelo, terreno, tierra, masa, chasis, carcasa, armazón, estructura o tubería de agua. El término “masa” solo debe utilizarse para aquellos casos en que no es el suelo, como en los aviones, los barcos, los carros y otros. [10]



METODOLOGIA PARA LA PUESTA A TIERRA DEL EQUIPO DE INSTRUMENTACION Y DE CONTROL EN SUBESTACIONES GENERADORAS CON BASE A LA NORMA IEEE 1050-1996

Universidad de Pamplona- Facultad de Ingenierías y Arquitectura

Departamento EEST- Ingeniería eléctrica

Conductor del Electrodo de Puesta Tierra: Conductor que es intencionalmente conectado a una puesta a tierra, sólidamente para distribuir la tierra a diferentes sitios de una instalación. [10]

Resistividad del Suelo: Representa la resistencia específica del suelo a cierta profundidad, o de un estrato del suelo; se obtiene indirectamente al procesar un grupo de medidas de campo; su magnitud se expresa en (Ohm-m) o (Ohm-cm), es inversa a la conductividad. La resistividad eléctrica (ρ): Es la relación entre la diferencia de potencial en un material y la densidad de corriente que resulta en el mismo. Es la resistencia específica de una sustancia. Numéricamente es la resistencia ofrecida por un cubo de 1m x 1m x 1m, medida entre dos caras opuestas. [10]

Resistividad Aparente: Es la resistividad obtenida con una medida directa en el suelo natural, bajo el esquema geométrico especificado por el método de cuatro (4) electrodos, aplicado con circuitos independientes de corriente y potencial, sólo es representativo para un punto de la característica del suelo estratificado. [10]

Resistencia Mutua de Electrodo: Fenómeno resistivo que aparece entre electrodos de puesta a tierra o puntos próximos en el suelo, mediante el cual, la corriente que se dispersa a través de uno de ellos, modifica el potencial del otro. Su unidad es el (Ohm). [10]

Potencial Eléctrico: Es la diferencia de carga eléctrica entre un punto y alguna superficie equipotencial que generalmente es la superficie del suelo, la cual es seleccionada arbitrariamente como de potencial cero o tierra remota. Un punto el cual tiene un potencial más alto que el cero se llama potencial positivo y en caso contrario potencial negativo. [10]

Tierra Remota: También denominada Tierra de Referencia, es el lugar o la zona de mínima resistencia, más próxima del suelo subyacente a una instalación eléctrica o a una puesta a tierra, respecto de las cuales se le atribuye por convención el Potencial cero. [10]

Bus de tierra: Una barra de cobre sólida y pesada con muchas ubicaciones donde se pueden terminar los cables de tierra. Un conductor grande se enruta desde la barra de bus hasta el punto 0V de la planta.[11]

Tierra sucia: Un bus de tierra que transporta las grandes corrientes eléctricas de maquinaria pesada. Esta tierra podría estar en un Centro de Control de Motores (MCC) donde los motores se encienden y apagan donde son posibles grandes sobrecargas de corriente y voltaje. [11]

Tierra limpia: Una barra de tierra separada de todas las cargas eléctricas pesadas con un

Autor:

Gerald Stiwen Cogaria Correa

Director:

M.Sc. Jesús A. Velazco Ochoa.



METODOLOGIA PARA LA PUESTA A TIERRA DEL EQUIPO DE INSTRUMENTACION Y DE CONTROL EN SUBESTACIONES GENERADORAS CON BASE A LA NORMA IEEE 1050-1996

Universidad de Pamplona- Facultad de Ingenierías y Arquitectura

Departamento EEST- Ingeniería eléctrica

conductor separado que va desde la barra de tierra limpia hasta la tierra de la planta de 0V.
[11]

Terrenos limpios: Ejemplos de terrenos limpios son los terrenos de CC, generalmente 24 V CC, que hacen referencia al PLC, DCS o al sistema de medición / control en la estación de puerta o planta. Con frecuencia, los ingenieros de sistemas de control de los principales proveedores de SCADA recomiendan aislar estas tierras de las de energía. Otros terrenos limpios son los asociados con buses de datos y comunicaciones que, debido a la vulnerabilidad de CMOS de bajo nivel y circuitos de microprocesadores, deben mantenerse relativamente libres de interferencias de ruido o riesgo de pérdida de datos / comunicaciones.[12]

Atenuación: Término general que se utiliza para indicar una disminución en la magnitud de la señal en la transmisión de un punto a otro.[13]

Puesta a tierra del bastidor de distribución central: Un tipo de sistema de puesta a tierra en el que todas las puestas a tierra de las señales se refieren a un punto central en lugar de a sus respectivas fuentes de señal. Para ciertos sistemas, esta técnica proporciona un buen compromiso funcional entre los métodos ideales de conexión a tierra de la señal y la facilidad de instalación y resolución de problemas.[13]

Ruido de modo común: El voltaje y la corriente de ruido generalmente no deseados que aparecen por igual y en fase desde cada conductor de señal, control o circuito de alimentación de la víctima a tierra, o entre tierra o conductores de conexión a tierra. El ruido CM también se denomina ruido de modo longitudinal. [13]

Acoplamiento: Mecanismo por el cual una fuente de interferencia de campo cercano de voltaje, corriente o ambos produce interferencia directamente relacionada en un circuito víctima sin que una ruta conductora (galvánica) esté involucrada en la transferencia. En general, el acoplamiento se produce mediante medios de acoplamiento reactivos parásitos o parásitos[13]

Diafonía: La transferencia no deseada de señales o ruido eléctrico por mecanismos de acoplamiento de campo cercano entre conductores de circuito eléctricamente separados, pero físicamente adyacentes. Los problemas de diafonía generalmente varían inversamente con el espacio entre los conductores del circuito involucrados, y se usa comúnmente en referencia a los efectos dentro de cables multiconductores.[13]

Sistema de control distribuido: Un sistema de control compuesto por software distribuido, hardware, cableado, sensores, activadores y capacidad de comunicación de entrada / salida que se utiliza para controlar y monitorear equipos y procesos.[13]

Autor:

Gerald Stiwen Cogaria Correa

Director:

M.Sc. Jesús A. Velazco Ochoa.



METODOLOGIA PARA LA PUESTA A TIERRA DEL EQUIPO DE INSTRUMENTACION Y DE CONTROL EN SUBESTACIONES GENERADORAS CON BASE A LA NORMA IEEE 1050-1996

Universidad de Pamplona- Facultad de Ingenierías y Arquitectura
Departamento EEST- Ingeniería eléctrica

Compatibilidad electromagnética: La capacidad de los equipos o sistemas electrónicos para funcionar en el entorno electromagnético operativo previsto a los niveles de eficiencia diseñados en todos los modos operativos de diseño. Además, la capacidad requerida de los elementos de equipos eléctricos y electrónicos para funcionar de manera confiable sin que se produzcan interferencias eléctricas entre ellos.[13]

Interferencia electromagnética: Deterioro de una señal electromagnética deseada por una perturbación electromagnética. Además, se aplica a equipos cuyo funcionamiento se ve afectado por interferencias eléctricas conducidas, acopladas o radiadas de algún tipo.[13]

Equipo seguridad tierra: Todas las partes metálicas conductoras, normalmente no portadoras de corriente del equipo, conductos eléctricos y otros recintos que están conectados a: (1) conductor del sistema de CA conectado a tierra (el neutro), (2) los conductores de conexión a tierra del equipo relacionado, (3) el conductor del electrodo de puesta a tierra de CA relacionado y, (4) el propio electrodo de puesta a tierra del sistema de CA relacionado.[13]

Suelo: Una conexión conductora, ya sea intencional o accidental, entre un circuito o equipo eléctrico y la tierra o algún cuerpo conductor que sirva en lugar de la tierra (como el bastidor).[13]

Inmunidad: La propiedad deseable de un equipo que evita el funcionamiento involuntario mediante una intensidad definida de EMI.[13]

Neutral: El terminal de una fuente de energía eléctrica simple o polifásica que transporta solo las corrientes armónicas desequilibradas o triples entre las cargas conectadas y la fuente de energía. En una fuente de alimentación monofásica de dos cables, el término "neutro" también se aplica al terminal común del sistema de CA. Este término también se aplica a los conductores del circuito que están conectados al terminal neutro de la fuente de alimentación. El neutro puede estar sólidamente conectado a tierra, por resistencia, por impedancia o sin conexión a tierra, según los requisitos de diseño del sistema de CA.[13]

Ruido (eléctrico): Cualquier voltaje o corriente no deseada que aparezca en un circuito que pueda contener o no simultáneamente señales deseadas, energía eléctrica o ambas. En este contexto, generalmente se considera que el "ruido" es de carácter subcíclico e impulsivo para diferenciarlo de la distorsión de forma de onda armónica de estado relativamente estable.[13]

Ruido de modo normal (NM): El voltaje o la corriente de ruido que aparece en el mismo modo que la señal o forma de onda de potencia deseada en el circuito de la víctima. El ruido

Autor:
Gerald Stiwen Cogaria Correa

Director:
M.Sc. Jesús A. Velazco Ochoa.



METODOLOGIA PARA LA PUESTA A TIERRA DEL EQUIPO DE INSTRUMENTACION Y DE CONTROL EN SUBESTACIONES GENERADORAS CON BASE A LA NORMA IEEE 1050-1996

Universidad de Pamplona- Facultad de Ingenierías y Arquitectura

Departamento EEST- Ingeniería eléctrica

de modo diferencial (DM) también se conoce como ruido transversal y ruido de modo normal. El ruido DM puede ser causado por uno o más de los siguientes:

- Cualquiera de los mecanismos de interferencia de modo común (CM) descritos anteriormente que se producen en las rutas de señales de la víctima donde el voltaje o la corriente de CM inducida no se transporta por igual en los conductores del circuito.
- Campos electrostáticos que se enlazan de manera desigual con la capacitancia distribuida de los cables de señal de la víctima. La inducción magnética une los campos magnéticos de manera desigual con los cables de señal de la víctima.
- Acoplamiento de ondas electromagnéticas. Las antenas eléctricas dipolo (o monopolo) y / o antenas de bucle magnético formadas inadvertidamente en el cableado de señal o cableado pueden detectar radiación de ondas electromagnéticas y hacer que aparezca como ruido de modo normal en los conductores del circuito.
- Potenciales de unión o térmicos debido al uso de metales diferentes en el sistema de conexión.
- Conversión de ruido de modo común a modo normal en la ruta de la víctima, particularmente a través de acciones de acoplamiento del transformador.[13]

Tierra de la señal: Ese punto, barra colectora o terminal al que los conductores de retorno de señal y las pantallas de los cables de señal deben conectarse y hacerse comunes entre sí. Finalmente, este punto se conecta a la tierra del equipo por medio de un puente de conexión a tierra, una correa o un conductor de conexión a tierra.[13]

Susceptibilidad: El grado en que el equipo puede verse afectado operativamente por una intensidad definida de interferencia electromagnética (EMI).[13]



METODOLOGIA PARA LA PUESTA A TIERRA DEL EQUIPO DE INSTRUMENTACION Y DE CONTROL EN SUBESTACIONES GENERADORAS CON BASE A LA NORMA IEEE 1050-1996

Universidad de Pamplona- Facultad de Ingenierías y Arquitectura
Departamento EEST- Ingeniería eléctrica

Capítulo 3

Criterios de diseño según la Norma IEEE 1050-1996 para la puesta a Tierra

3.1. Criterios Básicos Para el Diseño de la Puesta a tierra en una Subestación

Para la selección y el diseño del sistema de puesta a tierra se tendrán en cuenta los siguientes criterios básicos de diseño.

- El sistema de puesta a tierra se diseñará de acuerdo con las condiciones específicas del sitio, buscando ante todo preservar la seguridad de las personas.
- La puesta a tierra debe dar cumplimiento a la resistencia de puesta a tierra definida para el aislamiento de la subestación frente a descargas atmosféricas (1Ω).
- Con base en la resistividad del terreno y la componente de la corriente de cortocircuito que fluye a tierra a través de las estructuras, se calculan los valores de puesta a tierra tal que se garanticen las tensiones de paso de acuerdo con la recomendación IEEE 80 y con lo establecido en el Artículo 15 del RETIE.
- Para la medición de las tensiones de paso y contacto para efectos de la comprobación antes de la puesta en servicio, se debe proceder según lo requerido en el Artículo 15 del RETIE.
- El sistema de puesta a tierra es un arreglo geométrico de conductores y varillas de puesta a tierra unidas eléctricamente que garantiza el valor máximo de resistencia de puesta a tierra según lo indicado por el RETIE.

3.2. Objetivos Principales del diseño para la Puesta a Tierra según la Norma IEEE 1050-1996

Los principales objetivos de las prácticas de puesta a tierra de la estación son los siguientes:

- a) Mantener voltajes seguros en el área de la estación durante los transitorios del sistema de alto voltaje (potenciales de paso y contacto).
- b) Minimizar los efectos de las sobretensiones de los rayos en el equipo y las estructuras.
- c) Proporcionar una ruta de retorno de la corriente de falla de tierra de baja impedancia.
- d) Proporcionar una vía de fuga de baja impedancia para cualquier carga estática que pueda acumularse en el equipo.
- e) Minimizar las interferencias de ruido en los sistemas de instrumentación proporcionando una referencia de señal común de baja impedancia relativa entre dispositivos, circuitos y sistemas completos.

Autor:
Gerald Stiwen Cogaria Correa

Director:
M.Sc. Jesús A. Velazco Ochoa.



3.2.1. Puntos a tener en Cuenta

Los circuitos de tierra a menudo comparten múltiples funciones. Es necesario diseñar una red de puesta a tierra de manera que el transporte de tensiones transitorias debido a fallos eléctricos, rayos, etc., no interfieran con la función de minimizar el ruido, ni permita que estos transitorios afecten a los elementos del circuito más allá de su límite de inmunidad transitoria.

Por lo tanto, es necesario reconocer los cuatro puntos siguientes:

- El primero es que todos los puntos de la Tierra no estén igual o cero potencial.
- El segundo es que cada elemento de una red de puesta a tierra tiene una resistencia e impedancia finita.
- El tercero es que hay una capacidad de inmunidad transitoria inherente de los elementos de circuitos discretos. Por lo tanto, se debe tener cuidado de asegurar que el entorno no exceda los límites operativos específicos de los elementos individuales del circuito.
- El cuarto es que como los transitorios locales hacen que los potenciales de tierra alcancen valores elevados, las corrientes pueden entrar en los circuitos de cables conectados galvánicamente y también pueden acoplarse capacitiva e inductivamente desde los apantallamientos de los cables a tierra en la zona afectada a los conductores de la señal. Estos conductores pueden terminar fuera de la zona transitoria y podrían causar altos voltajes en cualquier equipo conectado.

3.3. Consideraciones Sobre el Terreno

3.3.1. Terrenos de Seguridad

El equipo en este contexto son las carcasas exteriores de los sistemas de Instrumentación y Control. Específicamente, se refiere a las carcasas no portadoras de corriente, como armarios, marcos y bastidores. El objetivo de la tierra de seguridad es evitar que se desarrollen potenciales peligrosos entre las tierras adyacentes del equipo, a fin de proteger al personal y al equipo contra los peligros que plantean los fallos de la energía eléctrica.

Los requisitos para el diseño e instalación de un terreno de seguridad incluyen lo siguiente:

- a) Asegúrese de que todos los recintos se construyan con disposiciones especiales, como un bus de tierra de CA designado para terminar el cable de tierra del equipo que se extiende desde la tierra de la estación. Esta conexión es adicional al conductor de tierra/carril proporcionado con los conductores de energía entrante.



METODOLOGIA PARA LA PUESTA A TIERRA DEL EQUIPO DE INSTRUMENTACION Y DE CONTROL EN SUBESTACIONES GENERADORAS CON BASE A LA NORMA IEEE 1050-1996

Universidad de Pamplona- Facultad de Ingenierías y Arquitectura

Departamento EEST- Ingeniería eléctrica

- b) Conecte el cable de tierra de seguridad al bus de tierra del equipo designado. Utilice sólo una conexión entre la caja y la tierra. Esta conexión es adicional al conductor de puesta a tierra/canal provisto con los cables de alimentación de entrada.
- c) El cable de tierra de seguridad debería ser un conductor trenzado. Este conductor sólo debe ser aislado si la corrosión es un peligro grave. En ambientes corrosivos conocidos, deben hacerse comprobaciones periódicas de la integridad de todas las conexiones a tierra.
- d) Conectar todos los chasis individuales dentro del recinto (en particular los chasis deslizantes de funcionamiento eléctrico) que no estén integrados en la estructura del panel a la estructura mecánica, ya sea mediante correas trenzadas, aisladas o cualquier otra forma de tierra intencional.
- e) Atar los puntos de tierra de seguridad individuales de los gabinetes ubicados de cerca, mecánicamente desintegrados, a un único punto de tierra común que está conectado a la alfombra de tierra de la estación.

3.3.2. Longitudes del Conductor de Tierra

En las frecuencias de señal de MHz, la impedancia de un cable de tierra puede llegar a ser lo suficientemente alta como para que el conductor ya no proporcione una referencia efectiva de señal de corriente de baja impedancia.

3.3.3. Interconexión entre estación de generación y la Subestación

En general, deben instalarse conductores de igual tamaño que los conductores de la red de tierra cerca de los lados interiores superiores de las zanjas de cables de interconexión. Estos cables deberían estar unidos tanto a las placas de tierra de la estación generadora como a las de la subestación. También deberían estar unidos entre sí y a las varillas de tierra conducidas en puntos intermedios muy espaciados. Los conductores de contrapeso enterrados debajo de los circuitos de transmisión entre la subestación y la planta proporcionarán lazos adicionales entre las esteras separadas.

Dado que estos conductores proporcionan una trayectoria de menor impedancia que los escudos de los cables, las corrientes de falla o de tierra se desvían de los cables de los instrumentos. Estos conductores también ayudan a limitar las diferencias de potencial de tierra entre los dos tapetes durante las condiciones de falla.

Autor:

Gerald Stiwen Cogaria Correa

Director:

M.Sc. Jesús A. Velazco Ochoa.



3.3.4. Aparatos de Distribución con aislamiento de gas (SIG)

Debido a que los Aparatos de conmutación con aislamiento de gas generan un alto grado de Interferencia electromagnética, los circuitos de control instalados cerca de los Aparatos de conmutación con aislamiento de gas (básicamente los instalados en el mismo edificio) deben estar completamente blindados, como se describe a continuación:

- a) Todos los dispositivos instalados directamente en los Aparatos de conmutación con aislamiento de gas (por ejemplo, relés de densidad del gas, interruptores auxiliares de desconexión, enclavamientos y accionamientos, controles de disyuntores, conexiones secundarias de los Transformadores de corriente y los Transformadores de tensión) deben estar completamente encerrados en metal y deben tener sus carcasas y cubiertas unidas eléctricamente al recinto del SIG.
- b) Todos los cables de control deben estar blindados. El blindaje más efectivo del cable es un blindaje metálico continuo, de aplicación cilíndrica u ondulado.
- c) Si se instalan armarios de control en las proximidades de los Aparatos de conmutación con aislamiento de gas, deben estar completamente blindados.
- d) Cuando se instalan en el mismo edificio con el SIG equipos con niveles de inmunidad de baja transitoriedad (como computadoras), se debe considerar el blindaje completo (jaula de Faraday) de las salas que contienen este equipo.

3.3.5. Conexión a tierra de conductores y bandejas de cables

- a) Todos los conductos deben conectarse al sistema de tierra de la instalación, independientemente de si se utiliza para encerrar los circuitos de energía.
- b) Todas las uniones entre las secciones de los conductos, accesorios y cajas deben ser eléctricamente continuas.
- c) Todas las roscas de tubos y contratueras deben ser tratadas con un lubricante conductor antes de que sean enganchadas y apretadas.
- d) Las tuercas de conexión a tierra deben penetrar positivamente en toda la pintura u otros acabados no conductores.
- e) Todas las uniones que no sean intrínsecamente continuas deben ser unidas con puentes, de tamaño adecuado para los conductores contenidos en la bandeja de cables.
- f) Los tornillos de las placas de cubierta de las cajas de extracción, cajas de empalme y cajas de salida deben estar apretados.
- g) Todos los soportes de los conductos y los colgadores deben estar firmemente unidos al conducto y a los miembros estructurales a los que están unidos.



METODOLOGIA PARA LA PUESTA A TIERRA DEL EQUIPO DE INSTRUMENTACION Y DE CONTROL EN SUBESTACIONES GENERADORAS CON BASE A LA NORMA IEEE 1050-1996

Universidad de Pamplona- Facultad de Ingenierías y Arquitectura

Departamento EEST- Ingeniería eléctrica

- h) Todos los sistemas de bandejas de cables deben ser eléctricamente continuos. Esto incluye soportes o colgadores.

3.4. Sistemas de tierra de señales

El objetivo fundamental de un sistema de tierra de señales es crear un plano de tierra de referencia al que se conecten los equipos electrónicos de un área localizada. Hay tres enfoques comunes hacia este objetivo: puesta a tierra de un solo punto, puesta a tierra de múltiples puntos y tierras flotantes.

3.4.1. Sistema de puesta a tierra de un solo punto

El sistema de tierra de punto único se utiliza para eliminar la circulación de las corrientes de tierra que causan el ruido de modo común. Se implementa conectando el circuito de señal a la tierra de la estación en un solo punto. Este método de puesta a tierra es muy efectivo y es adecuado cuando se trata de equipos que funcionan a frecuencias inferiores a 300 kHz.

Una desventaja del sistema es que es ineficaz en las altas frecuencias en las que las longitudes de onda de la señal se acercan a las dimensiones de la caja del equipo o a la longitud del cable de tierra. Cuando las dimensiones del equipo o la longitud del cable de tierra se aproximan a 0,15 de la longitud de onda de la señal, el cable ya no puede considerarse una tierra de baja impedancia. Las tomas de tierra de referencia de punto único deben diferenciarse de los conductores de retorno de la señal, que sí transportan corriente en condiciones normales.

El propósito de la tierra de señales es referir todas las señales de control de un sistema a un solo punto. El único punto de referencia de tierra no debe tener más de un cable que salga de cada recinto del equipo. Este cable debe ser un conductor trenzado y aislado del tamaño adecuado para minimizar la diferencia de potencial entre los dispositivos y para cumplir con la resistencia mecánica requerida. El cable insuflado sirve no sólo para aislar la tierra de la señal de las conexiones a tierra no intencionadas, sino también para diferenciarla fácilmente de la tierra del equipo. Se debe utilizar un sistema separado de conexión a tierra de la señal dentro del recinto del gabinete. El sistema de puesta a tierra de señales separado de cada gabinete debería entonces atarse en un único punto de referencia.

Autor:
Gerald Stiwen Cogaria Correa

Director:
M.Sc. Jesús A. Velazco Ochoa.



METODOLOGIA PARA LA PUESTA A TIERRA DEL EQUIPO DE INSTRUMENTACION Y DE CONTROL EN SUBESTACIONES GENERADORAS CON BASE A LA NORMA IEEE 1050-1996

Universidad de Pamplona- Facultad de Ingenierías y Arquitectura
Departamento EEST- Ingeniería eléctrica

Al diseñar el sistema de puesta a tierra para un sistema centralizado de Instrumentación y Control, deben tenerse en cuenta las siguientes consideraciones:

- La energía en una computadora y en un sistema multiplexado debe provenir de una sola fuente (es decir, un transformador de energía principal).
- La energía en el chasis de distribución de energía debe traer un cable de tierra que conecta el chasis a tierra y lo refiere a la fuente de energía.
- La energía debe ser distribuida desde el chasis de distribución de energía a todos los gabinetes del sistema a través de interruptores individuales o fusibles.
- Cada gabinete debe tener un sistema de tierra de señales separado de la tierra de su equipo.
- Los sistemas de señal de tierra de cada gabinete deben estar conectados a un único punto que tenga una única conexión a la red de tierra.
- Si la interferencia de alta frecuencia (por encima de 300 kHz) es una preocupación, entonces se debe proporcionar un plano de tierra de referencia.

El diseño de la puesta a tierra de un solo punto debe basarse en dos consideraciones distintas: la tierra del equipo y la tierra de la señal. Para obtener el máximo rechazo del ruido, estas tierras deben estar completamente separadas entre sí hasta la alfombra de tierra, donde se conectan conjuntamente con la tierra de la estación.

3.4.1.1 Gabinetes en estrecha proximidad

Los proveedores de equipo a menudo unen los terrenos de señal y seguridad dentro o fuera del recinto del equipo. Puede ser necesario separar esta conexión a tierra común cuando se integra un equipo en un sistema de conexión a tierra. El requisito de separar la señal y las tomas de tierra de seguridad debe incluirse en las especificaciones de la adquisición.

Se muestra una tierra de seguridad local adicional para cada gabinete, además del conductor de tierra del equipo provisto con los cables de alimentación de entrada. Cuando se proporcione, esta conexión adicional mejorará la seguridad del personal al proporcionar una ruta adicional de baja impedancia a tierra. Además, las barras colectoras normalmente están situadas dentro de un armario de control principal, en lugar de ser suministradas como barras colectoras externas y separadas.

Autor:
Gerald Stiwen Cogaria Correa

Director:
M.Sc. Jesús A. Velazco Ochoa.

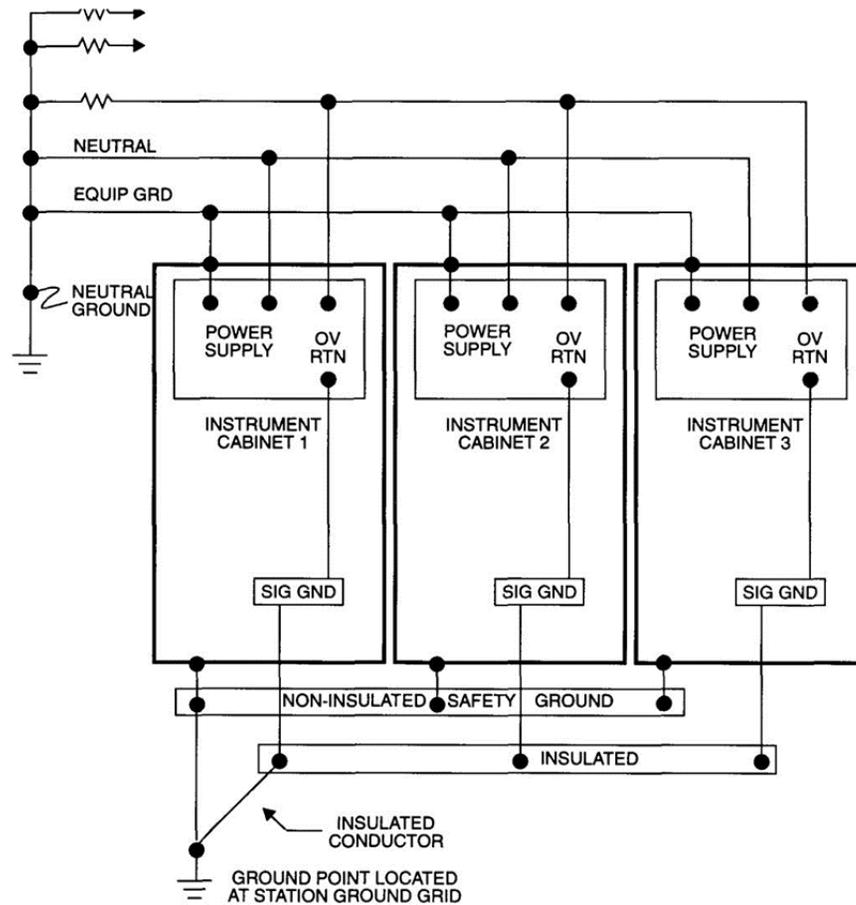


Figura 1 Sistema de tierra de un solo punto para señales de baja frecuencia

3.4.1.2 Gabinetes que están ampliamente separados

En un sistema de control distribuido, el equipo puede estar muy disperso por toda la estación, y es poco práctico implementar la disposición de puesta a tierra de un solo punto. Un sistema de Instrumentación y Control se considera un sistema distribuido cuando los gabinetes individuales de la estación de control están ampliamente separados unos de otros. Tal sistema tiene problemas especiales ya que la impedancia en los conductores de referencia de la señal resultará en una diferencia de potencial de tierra entre los gabinetes. Para proporcionar un sistema de tierra de punto único para esta condición. Los circuitos de comunicaciones entre los gabinetes deben tener una protección apropiada para el ruido de modo común que probablemente resulte de la impedancia de las largas y aisladas tierras de la señal.



METODOLOGIA PARA LA PUESTA A TIERRA DEL EQUIPO DE INSTRUMENTACION Y DE CONTROL EN SUBESTACIONES GENERADORAS CON BASE A LA NORMA IEEE 1050-1996

Universidad de Pamplona- Facultad de Ingenierías y Arquitectura
Departamento EEST- Ingeniería eléctrica

Las siguientes consideraciones deben tenerse en cuenta al diseñar el sistema de puesta a tierra para un sistema distribuido de Instrumentación y Control:

- a) Se debe hacer un esfuerzo para alimentar el sistema distribuido a partir de una sola fuente de energía.
- b) Cada sistema individual debe ser puesto a tierra.
- c) En lugar de un terreno de seguridad general, cada grupo de gabinetes de instrumentación tendrá su propio terreno de equipamiento local.
- d) Las señales entre los sistemas deben utilizar el acoplamiento de transformador, con los circuitos de transmisor/receptor que tienen un modo común de soportar el voltaje que excede el voltaje de tierra en condiciones de falla. El uso de una o más varillas de tierra aisladas como tierra de referencia de la señal es un peligro para la seguridad y no se recomienda.
- e) Un sistema debe utilizarse como estación maestra en la que se recogen tanto la señal como los terrenos del equipo de las estaciones locales y los demás sistemas deben tratarse como nodos remotos. En el nodo remoto, la tierra de la señal se deja vacía de la tierra local y se remite de nuevo a la tierra de la señal de la estación maestra mediante el uso de un cable aislado de calibre grueso que corre junto con los cables de señal de calibre inferior entre ambas ubicaciones ósea en el mismo conducto, pero no en el mismo cable.

Por razones de seguridad, se puede utilizar un interruptor de puerta en el armario remoto para conectar la señal y el terreno del equipo local cuando se abre la puerta. Esto protege al personal de mantenimiento mientras soluciona los problemas del equipo en el lugar remoto. Así, el riesgo para el personal se reduce al mínimo cuando se abre la puerta a costa de dañar los circuitos del transmisor/receptor si se produce un desequilibrio a tierra debido a grandes corrientes en la red de tierra al mismo tiempo que se programa el mantenimiento del emplazamiento remoto. Será necesario realizar un análisis caso por caso de cada instalación para determinar si este enfoque es apropiado para la configuración del equipo.

Autor:
Gerald Stiwén Cogaria Correa

Director:
M.Sc. Jesús A. Velazco Ochoa.

3.4.2. Sistema de puesta a tierra de puntos múltiples

Debe considerarse un sistema de puesta a tierra de puntos múltiples cuando se ponen a tierra equipos que funcionan a frecuencias superiores a 300 kHz, o cuando se utilizan cables de tierra largos. Cada circuito se conecta a tierra en el punto más cercano en lugar de encaminar todos los conductores de tierra a un solo punto de tierra. Las ventajas de este sistema son que la construcción de los circuitos es más fácil y que se evitan los efectos de las ondas estacionarias en el sistema de tierra a altas frecuencias. Sin embargo, el sistema necesita un buen mantenimiento para superar los efectos de la corrosión, la vibración y el cambio de temperatura. Otra desventaja es que el sistema puede crear múltiples bucles de tierra que pueden causar un ruido de modo común inadvertido.

Un sistema de tierra de puntos múltiples es una opción para las señales de baja frecuencia. Esta configuración acepta que existirá una diferencia de tensión de tierra entre las referencias de la señal y que se debe proporcionar el grado de protección adecuado para el ruido resultante del modo común.

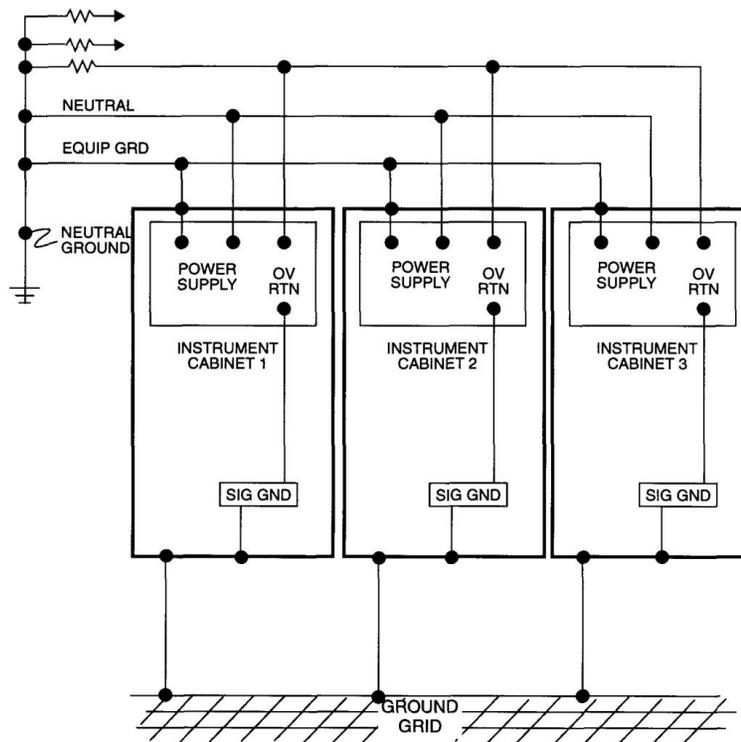


Figura 2 Sistema puesta a tierra de puntos múltiples para señales de alta frecuencia



3.4.3. Sistema de tierra Flotante

El sistema de tierra flotante se utiliza para aislar eléctricamente los circuitos o equipos de un plano de tierra común o de un cableado común que pueda introducir corrientes circulantes y producir ruido de modo común. Se implementa interconectando eléctricamente las tierras de la señal, pero aislándolas de un plano de tierra común. Un peligro de este sistema es que las cargas estáticas pueden acumularse y eventualmente causar una corriente de descarga destructiva o que produzca ruido. Por lo general, es aconsejable implementar este sistema con una resistencia conectada a tierra para evitar la acumulación de cargas estáticas.

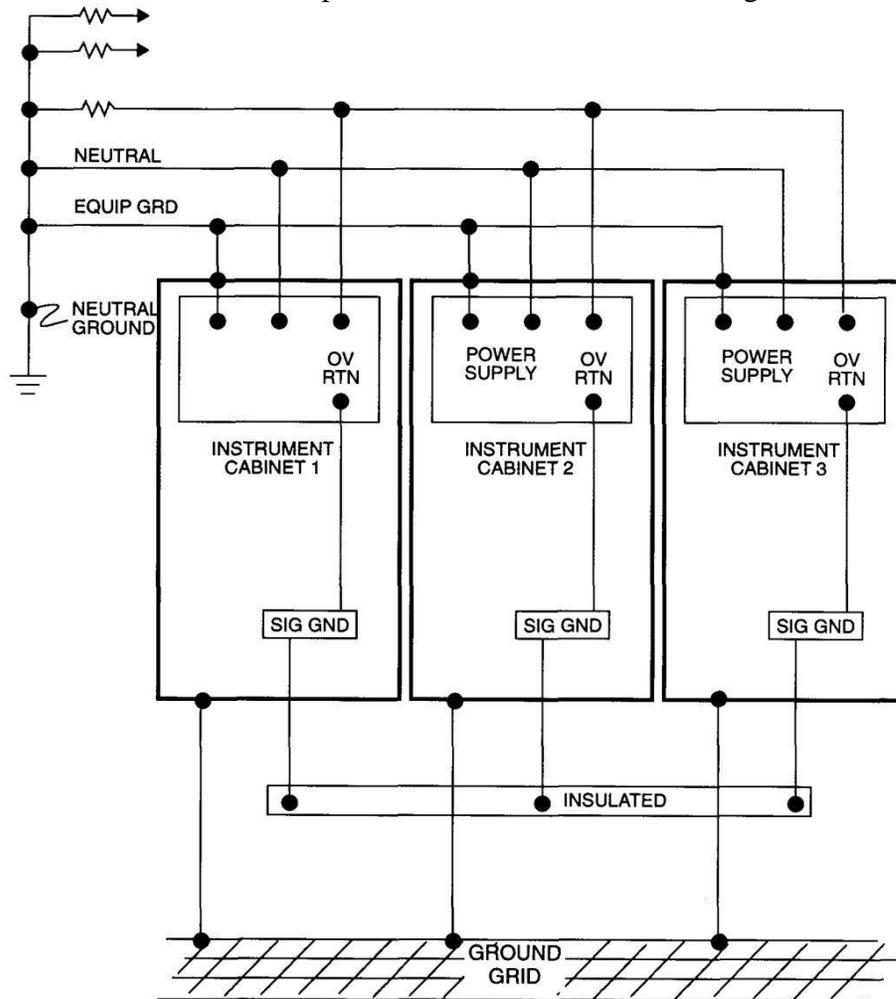


Figura 3 Sistema de Tierra Flotante



3.5. Puesta a tierra de circuitos de control de baja frecuencia basada en la susceptibilidad

3.5.1. Puesta a tierra de los circuitos de control de alta susceptibilidad

Los circuitos de control de alta susceptibilidad son aquellos circuitos con bajos niveles de voltaje de entrada analógica entre 5 mV y 1000 mV, siendo los termopares los más comunes. Estos circuitos son extremadamente susceptibles a las fuentes de ruido, como los voltajes de modo común. El cableado de extensión de estos circuitos debe ser individualmente retorcido y blindado. Siempre que sea práctico, estos circuitos deben instalarse en un conducto. La figura 4 muestra un ejemplo típico de cómo estos circuitos deben ser apantallados y luego conectados a tierra en el extremo de la fuente del apantallamiento. Los escudos individuales deben ser puestos a tierra por separado.

3.5.2. Puesta a tierra de los circuitos de control de media susceptibilidad

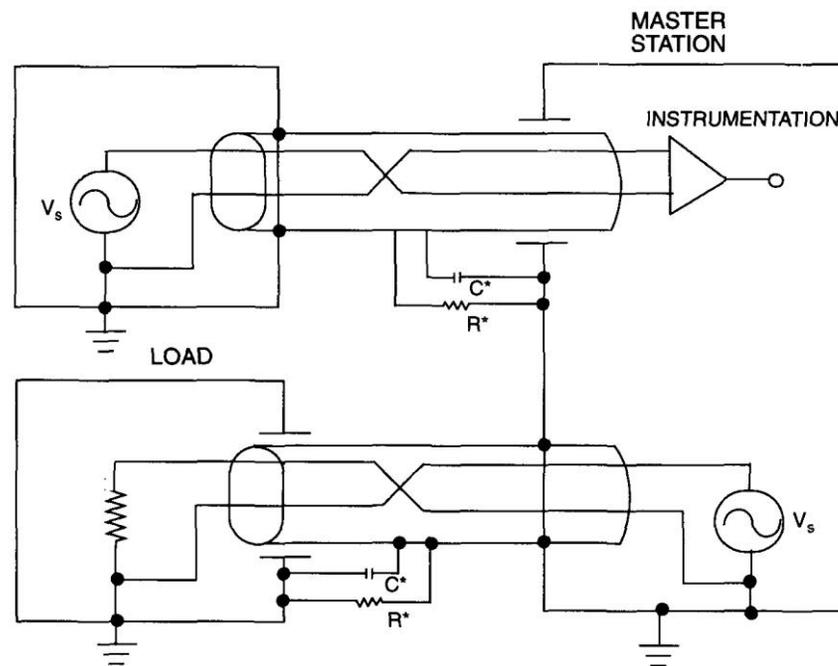
Los circuitos de control de media susceptibilidad son aquellos circuitos con niveles de voltaje medios (voltaje de entrada analógica entre 1 V y 10 V). Estos circuitos son igualmente susceptibles a fuentes de ruido como los voltajes de modo común. El cableado de extensión de estos circuitos debe ser individualmente retorcido y apantallado. Estos circuitos no necesitan ser instalados en un conducto. La figura 4 muestra un ejemplo típico de cómo deben ser apantallados estos circuitos. Esto ilustra cómo las soluciones de ingeniería ideales pueden introducir las desventajas prácticas de crear numerosos puntos de puesta a tierra distribuidos por toda la estación. El blindaje y la puesta a tierra deben ser idénticos al método descrito para los circuitos de control de alta susceptibilidad.

3.5.3 Puesta a tierra de los circuitos de control de baja susceptibilidad

La siguiente es una lista de circuitos de control de baja susceptibilidad:

- Corriente de salida analógica (fuente de corriente): $4 \text{ mA} < I < 20 \text{ mA}$
- Voltaje de salida analógica (fuente de voltaje): $0 \text{ V} < V < 10 \text{ V}$
- Voltaje de salida digital: 5 V, 24 V, 28 V, 48 V
- Contacto de salida digital: (contacto seco o mojado con mercurio)
- Voltaje de entrada digital: 5 V, 24 V, 28 V, 48 V
- Contacto de entrada digital: (contacto seco o mojado con mercurio)

Estos circuitos son menos susceptibles a las fuentes de ruido, como los voltajes de modo común. El cableado de extensión de estos circuitos debe ser de pares trenzados individualmente con un blindaje general (uno por cable). No es necesario que se instalen en un conducto. Estos circuitos deben ser conectados a tierra como se muestra en la figura 4. El blindaje y la conexión a tierra deben ser idénticos al método descrito para los circuitos de control de alta susceptibilidad.



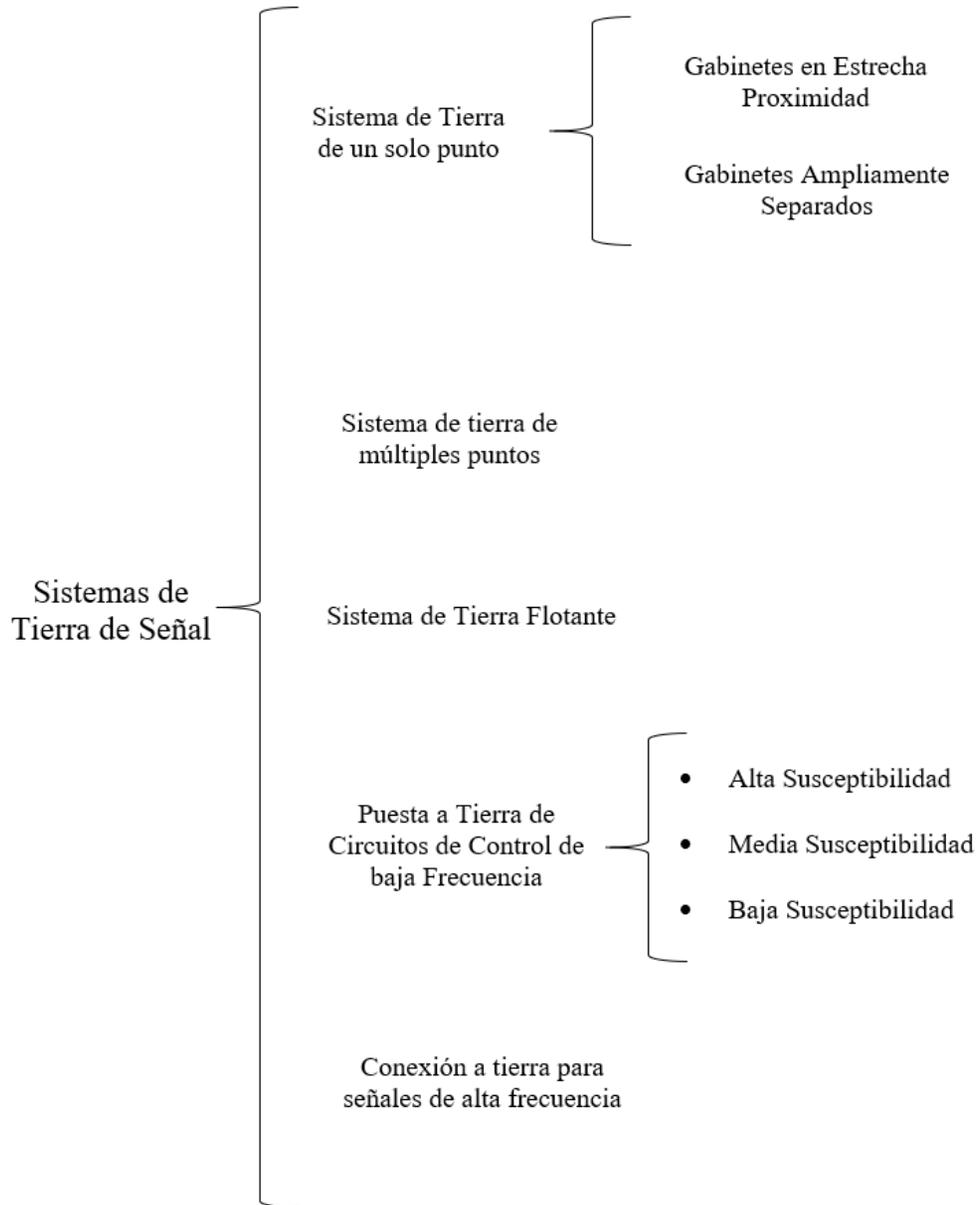
C*: CAPACITANCE TO ACT AS SHORT AT HIGH
R*: OPTIONAL RESISTANCE OR SURGE SUPPRESSION DEVICE

Figura 4 Conexión a tierra de la señal de control general



METODOLOGIA PARA LA PUESTA A TIERRA DEL EQUIPO DE INSTRUMENTACION Y DE CONTROL EN SUBESTACIONES GENERADORAS CON BASE A LA NORMA IEEE 1050-1996

Universidad de Pamplona- Facultad de Ingenierías y Arquitectura
Departamento EEST- Ingeniería eléctrica



Esquema 1 Sistemas de Tierra de Señal

Autor:
Gerald Stiwen Cogaria Correa

Director:
M.Sc. Jesús A. Velazco Ochoa.



Capítulo 4

Consideraciones de diseño para minimizar el ruido eléctrico

4.1. Fuentes de ruido típicas y sus características

Las fuentes de ruido se pueden dividir en varias de las siguientes categorías:

- **Fuentes naturales:** ocurren independientemente de la actividad humana, pero sus efectos pueden controlarse.
- **Fuentes accidentales:** son causadas por la actividad humana, pero no son intencionales.
- **Fuentes intencionales:** son emisiones de energía potencialmente interferente producida para fines específicos no relacionados con el equipo o los sistemas considerados

4.1.1. Fuentes naturales

Probablemente la fuente de ruido más grave a la que estará expuesto cualquier sistema de control sea el rayo. Si bien la mayoría de los sistemas de control electrónico probablemente fallarán bajo un rayo directo, incluso un rayo remoto puede causar interferencia a medida que la sobretensión inducida por el rayo viaja a lo largo de las líneas eléctricas y es disipada por el sistema de puesta a tierra de distribución de energía.

Un rayo típico se compone de un golpe de líder escalonado hacia abajo (generalmente con carga negativa), un primer golpe de retorno positivo hacia arriba, luego dos o más golpes de líder hacia abajo, cada uno seguido de un golpe de retorno positivo. En promedio, los trazos posteriores contienen alrededor del 40% de la amplitud del primer trazo.

Suele haber una corriente continua entre las secuencias de ictus. Puede haber hasta 20 secuencias de golpes en un relámpago típico.

Potential	30 000 000 V
Peak current	34 000 A
Maximum di/dt	40 000 A/ μ s
Time interval between strokes	30 ms
Continuing current	140 A
Continuing current duration	150 ms

Tabla 1 Características típicas de un Relámpago

Autor:

Gerald Stiwen Cogaria Correa

Director:

M.Sc. Jesús A. Velazco Ochoa.



METODOLOGIA PARA LA PUESTA A TIERRA DEL EQUIPO DE INSTRUMENTACION Y DE CONTROL EN SUBESTACIONES GENERADORAS CON BASE A LA NORMA IEEE 1050-1996

Universidad de Pamplona- Facultad de Ingenierías y Arquitectura

Departamento EEST- Ingeniería eléctrica

El análisis del componente de corriente continua del relámpago indica que inicialmente se comporta como una onda viajera y, posteriormente, como una fuente de CC.

4.1.2. Fuentes accidentales

Dado que una de las mayores fuentes potenciales de ruido eléctrico es una subestación ubicada junto a la estación generadora, algunas de las fuentes incidentales mencionadas se originan predominantemente en el entorno de la subestación.

4.1.2.1. Conmutación de alto voltaje

Esta es la fuente más frecuente de grandes transitorios en los sistemas de energía eléctrica. La apertura o cierre de un interruptor de desconexión para desenergizar o energizar una sección del bus se acompaña de un arco entre los contactos del interruptor, que a su vez produce transitorios oscilatorios amortiguados. Los transitorios generados son ondas de frente muy empinado que pueden acoplarse electrostática o electromagnéticamente a cables cercanos.

Voltage	200% of rated voltage
Oscillation frequency:	
Line disconnect switch	50–300 kHz
Bus disconnect switch	300–600 kHz
Low-voltage switch	300–2000 kHz
Interval between each decaying oscillation	10 μ s–16 ms
Duration of string	1 ms–4 s
Decay time	2–4 cycles
Source impedance	5–200 Ω

Tabla 2 Valores Típicos

Como pauta general, para dos cables multiconductores en paralelo separados por 5 cm, se podría transferir hasta 0,50 de magnitud transitoria en un cable al cable adyacente.

Autor:

Gerald Stiwen Cogaria Correa

Director:

M.Sc. Jesús A. Velazco Ochoa.



METODOLOGIA PARA LA PUESTA A TIERRA DEL EQUIPO DE INSTRUMENTACION Y DE CONTROL EN SUBESTACIONES GENERADORAS CON BASE A LA NORMA IEEE 1050-1996

Universidad de Pamplona- Facultad de Ingenierías y Arquitectura
Departamento EEST- Ingeniería eléctrica

4.1.2.2. Conmutación del banco de condensadores

Aunque no es la fuente de ruido más frecuente en los sistemas de energía eléctrica, la conmutación del banco de condensadores produce los transitorios más graves. Los transitorios producidos por la conmutación de bancos de condensadores trifásicos constan de los dos componentes siguientes:

- Los asociados con los parámetros agrupados del circuito están en el rango de frecuencia de kilohercios según lo determinado por la capacitancia equivalente de los capacitores de fase y por la inductancia y resistencia de los buses, los reactores limitadores de corriente y la ruta de tierra.
- Los asociados con los parámetros distribuidos del circuito están en el rango de frecuencia de megahercios y son el resultado de la propagación y la reflexión de la onda del paso de conmutación a lo largo de la línea.

Si otros bancos de capacitores cercanos están conectados a la misma línea, disminuyen la impedancia vista por el banco de capacitores conmutados, aumentando así la magnitud y frecuencia de los transitorios. La energía almacenada en el banco cercano puede contribuir aún más a la gravedad del transitorio

4.1.2.3. Conmutación de la línea de Transmisión.

La conmutación de las líneas de transmisión es similar a la conmutación del banco de condensadores, con la diferencia de que la inductancia y la capacitancia de la línea son de naturaleza puramente distributiva. La magnitud de la corriente de carga de la línea tiende a ser sustancialmente menor que la de la conmutación de banco de condensadores.

4.1.2.4. Tiristores

Cuando los tiristores se usan para conmutar el voltaje de corriente alterna generalmente tienen circuitos adicionales para controlar el tiempo de subida del voltaje. Si no se controla el tiempo de subida de voltaje puede interferir con el funcionamiento del propio tiristor. Cuando se utiliza un par de tiristores para un motor trifásico control, puede producirse una condición de ruido llamada muesca en la línea.

Cuando se produce el cambio de una línea eléctrica a otra, un tiristor se apaga mientras el otro se enciende. Debido a la carga inductiva, puede haber un instante en el que ambos están llevando a cabo. El cortocircuito resultante a través de las dos líneas produce una muesca transitoria en la línea de energía.

Autor:
Gerald Stiwen Cogaria Correa

Director:
M.Sc. Jesús A. Velazco Ochoa.

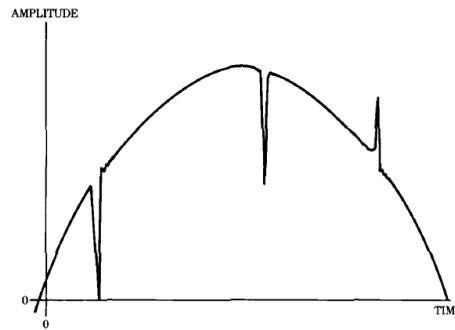


Figura 5 Forma de onda de la muesca en la línea

4.2. Métodos de Acoplamiento del Ruido

El ruido puede ser acoplado a (o transmitido desde) los circuitos de control por cualquiera de los siguientes cuatro métodos diferentes:

- Conductivo (contacto directo)
- Capacitivo (eléctrico)
- Inductivo (magnético)
- Radiactivo (electromagnético)

4.2.1. Acoplamiento de impedancia común (conductivo)

Cuando dos o más circuitos comparten un cable o punto de unión, el acoplamiento de impedancia común es una posible fuente de ruido. El punto de impedancia común puede ser intencional a efectos de conexión a tierra (problema de bucle a tierra), o puede ser una conductancia de fuga no deseada entre circuitos. La corriente en un circuito puede entonces hacer que aparezca un voltaje de ruido en otro circuito. El nivel de interferencia depende de la magnitud de la impedancia común.

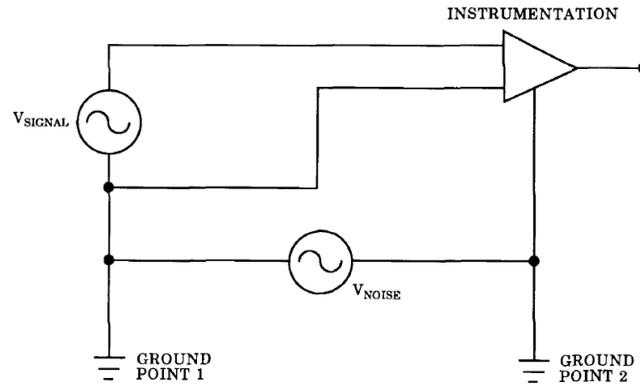


Figura 6 Ejemplo de Acoplamiento de Impedancia Común

4.2.2. Acoplamiento capacitivo (eléctrico)

Cualquier cambio de voltaje, independientemente de la ubicación, tiende a conducir una corriente a través de estas capacitancias y produce ruido de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$I = C \, dV/dt$$

donde:

I es el flujo de corriente a través de la capacidad del circuito.

C es la capacitancia entre los dos circuitos.

dV/dt es la tasa de cambio de voltaje en el primer circuito.

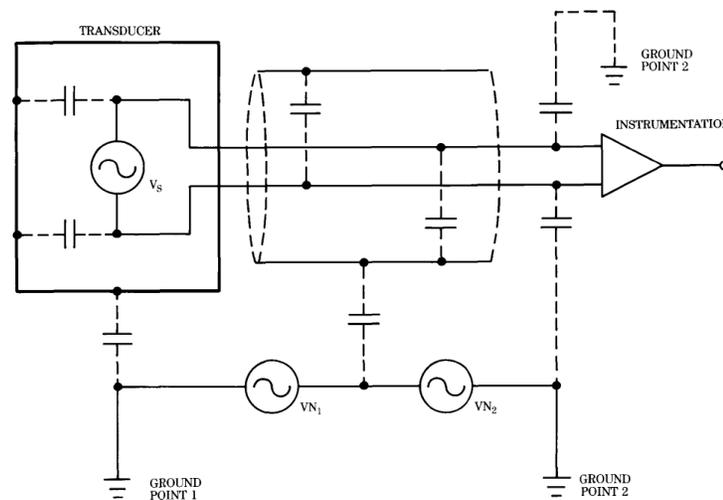


Figura 7 Ejemplo de Acoplamiento Capacitivo

4.2.3. Acoplamiento inductivo (magnético)

Los diversos circuitos de cualquier sistema existen como circuitos cerrados. Estos bucles tienen inductancias mutuas que son directamente proporcionales al área encerrada por los bucles. La interacción entre los bucles es esencialmente una acción transformadora entre la fuente de interferencia y el circuito sensible. Incluso los circuitos de CC producen un campo magnético cambiante cuando su corriente es interrumpida periódica o intermitentemente.

Cuando se produce un cambio de corriente en uno de estos circuitos, se produce un campo electromagnético cambiante a través del área de su bucle. Se inducirá un voltaje cuando parte de este flujo magnético pase por un segundo circuito. La amplitud del voltaje inducido es directamente proporcional al área del segundo circuito que encierra el flujo del circuito perturbador. El voltaje inducido se determina a partir de la siguiente fórmula:

$$E = M \, di/dt$$

donde:

E es el voltaje inducido en el segundo circuito.

M es la inductancia mutua (cantidad de flujo).

di/dt es la tasa de cambio de corriente en el primer circuito.

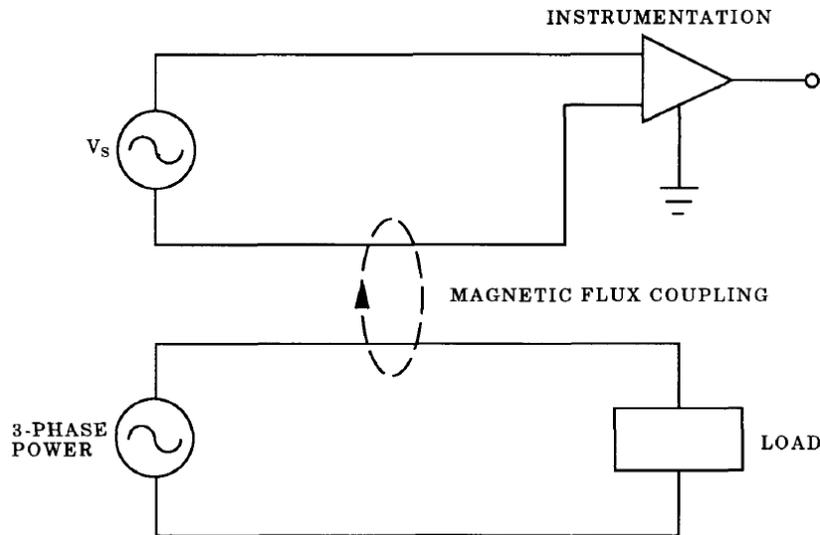


Figura 8 Ejemplo de acoplamiento inductivo



4.2.4. Acoplamiento radiactivo (electromagnético)

Las señales de alta frecuencia producidas por una fuente externa pueden transferir una cantidad significativa de energía al circuito de control por acoplamiento radiactivo. Aunque las frecuencias de interferencia suelen ser mucho más altas que aquellas a las que responderá el circuito de control, pueden resultar problemáticas si son moduladas por la frecuencia de la potencia CA o sus armónicos y luego son recogidas y demoduladas por el circuito de control. Este proceso de captación y demodulación puede producir señales espurias a la frecuencia de la potencia CA.

4.3. Métodos de Acoplamiento del Ruido

4.3.1 Supresión en la fuente

Una de las técnicas más eficaces para reducir los transitorios en un sistema es reducir su amplitud en la fuente.

4.3.1.1 Supresión del ruido generado por las bobinas de los solenoides

Colocar un diodo en paralelo con una bobina magnética es el método más simple de supresión en un circuito de cc que evita que el voltaje de la bobina exceda el voltaje de suministro. El diodo, sin embargo, tiene las siguientes desventajas:

- a) Retraso de apagado
- b) El fallo del diodo puede provocar un cortocircuito en el dispositivo
- c) La sobrecorriente de avance cuando se interrumpe el suministro puede destruir el diodo
- d) La sobretensión en la dirección inversa (posiblemente causada por picos de cargas no suprimidas) puede destruir el diodo
- e) Posibilidad de causar una corriente de conmutación adicional cuando está encendida o una corriente de fuga adicional cuando está apagada.

El diodo debe elegirse adecuadamente para que tenga características de sobretensión de alta reversa y de sobrecorriente de alta adelante. La adición de una resistencia en serie elegida como aproximadamente igual a la resistencia de la bobina reduce



METODOLOGIA PARA LA PUESTA A TIERRA DEL EQUIPO DE INSTRUMENTACION Y DE CONTROL EN SUBESTACIONES GENERADORAS CON BASE A LA NORMA IEEE 1050-1996

Universidad de Pamplona- Facultad de Ingenierías y Arquitectura

Departamento EEST- Ingeniería eléctrica

significativamente el retardo de apagado y elimina el cortocircuito si el diodo falla. Esta técnica se ilustra en figura 9.

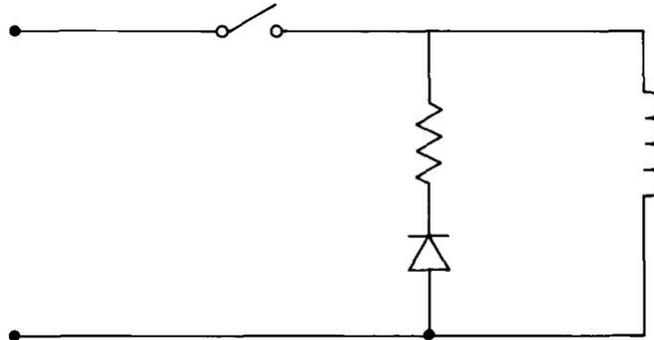


Figura 9 Supresión con diodo y resistencia en serie

4.3.1.2 Supresión de los rectificadores de los tiristores, motores y generadores

Se utilizan pequeños condensadores para amortiguar las altas frecuencias generadas por estos dispositivos. Deben colocarse lo más cerca posible de la fuente de interferencia para evitar la emisión de interferencias de radiofrecuencia.

4.3.1.3 Supresión del ruido de la señal de entrada

Es bastante común disponer de circuitos adecuados de filtrado directamente en las placas de circuitos electrónicos para proporcionarles una inherente inmunidad transitoria. (Una discusión detallada de esto está fuera del alcance de esta guía.) Si esto resulta ser inadecuado, entonces es necesario proporcionar filtrado externo adicional. Los filtros R-C, los diodos Zener y los varistores pueden utilizarse como se recomienda para los circuitos de solenoides, pero es necesario mantener las longitudes de los cables al mínimo absoluto.



4.3.2 Colocación y aislamiento de los cables de control

4.3.2.1 Encaminamiento de los cables

La disposición física de los cables de control es un factor importante que afecta a los niveles de tensión.

Las técnicas para minimizar la captación de ruido en los circuitos de control incluyen lo siguiente:

- a) Proporcionar una ruta radial del cable de control. Los circuitos no deben ir en bucle de un equipo a otro con el conductor de retorno en otro cable. Todos los conductores de suministro y retorno deben estar en un cable común para evitar la gran inducción electromagnética que es posible debido a los grandes bucles de flujo que tal disposición produciría. Esto significa que los dos conductores secundarios de los CTs deben estar en el mismo cable, los conductores de CC positivos y negativos deben estar en el mismo cable, y las tres fases y el neutro de los conductores secundarios de los transformadores de voltaje deben estar en el mismo cable, etc. Si las líneas de alimentación y de retorno de la señal son cables discretos, deben colocarse lo más cerca posible entre sí dentro del mismo conducto para reducir al mínimo el bucle y disminuir la susceptibilidad a la interferencia del acoplamiento inductivo. Si es posible, un suave giro de los dos cables (1 vuelta/m) puede reducir aún más la magnitud del ruido inducido.
- b) Orientar los cables de control en ángulo recto a los conductores de bus y de energía donde puedan existir corrientes transitorias primarias para minimizar la longitud acoplada de los cables. Cuando esto no sea posible, se debe maximizar la distancia de separación de los buses paralelos.
- c) Situar la sala de control en un lugar centralizado para reducir al mínimo las tiradas del cable de control.
- d) Proporcionar la máxima separación entre los cables de alimentación y control. Ambos deben ser encaminados cerca del gabinete conductor o del plano de tierra de referencia.
- e) Evite los bucles involuntarios al tender los cables.

4.3.2.2 Separación física

Los circuitos que funcionan a diferentes voltajes (y a veces a diferentes niveles de energía) deben estar físicamente separados. Por ejemplo, las señales análogas de baja energía no deben correr en el mismo cable que las señales de mayor energía. Del mismo modo, la batería de CC y los circuitos de control de energía de CA no deben colocarse en el mismo cable y ninguno de los circuitos debe estar en el mismo cable con el servicio de CA de la estación. Asimismo, estos cables segregados también deben agruparse según su función y estar separados por una distancia razonable. Cuando circuitos disímiles se colocan en paralelo en una bandeja de cables a cualquier distancia, debe considerarse la posibilidad de separar los dos tipos de circuitos mediante una barrera metálica conectada a tierra.

La figura 10 ilustra la separación de la capacitancia frente a la del conductor. Es interesante que la rodilla de la curva para la capacitancia calculada (y por lo tanto la eficacia del apantallamiento) está entre 150-250 mm de separación. La mayoría de las empresas de servicios públicos requieren una separación de 300-450 mm entre las bandejas de cables, principalmente para una práctica de instalación razonable. Esta separación de las bandejas es de gran beneficio para una estación generadora de energía en la reducción de la interferencia de ruido entre largos tramos de cables.

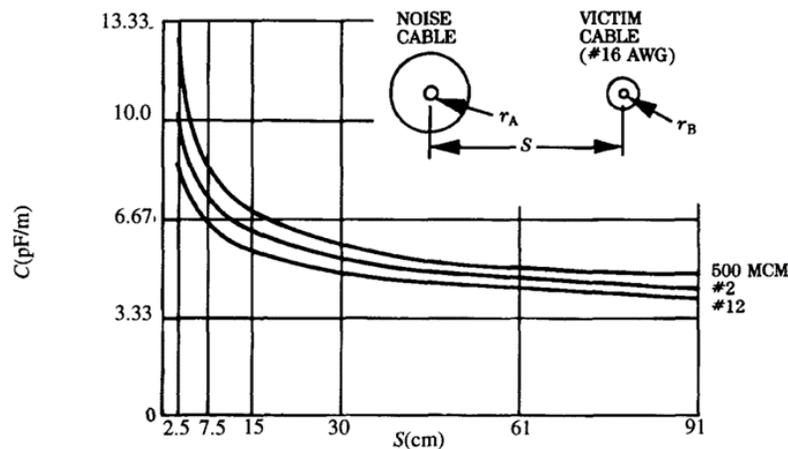


Figura 10 Capacidad vs Separación de los conductores



4.3.4 Filtros

Todos los cables son capaces de conducir interferencias en los armarios de los equipos. Esto incluye los conductores de energía, el conductor de tierra de CA, los cables de salida y cualquier línea de control o lógica. Una vez que el ruido de alta frecuencia entra en un instrumento sensible, hay una buena posibilidad de que alguna porción de la señal de alta frecuencia aparezca como ruido en los circuitos de control. Las corrientes de ruido de alta frecuencia pueden mantenerse alejadas del interior de los instrumentos mediante la conexión a una tierra adecuada con filtros.

Los filtros pueden ir desde simples condensadores y cuentas de ferrita hasta sofisticados filtros de paso de banda. La configuración del filtro dependerá naturalmente de las características del ruido a ser filtrado. Dado que diferentes configuraciones de filtro afectarán a los parámetros de la señal, como el tiempo de subida del pulso y las formas de onda tanto de los circuitos digitales como de los analógicos, se deben considerar tanto los efectos positivos como los negativos al aplicar los filtros. También se ha sabido que los filtros causan anillos perjudiciales en los circuitos digitales.

Los filtros de la línea eléctrica deben ser preferentemente del tipo híbrido modo común/modo diferencial para combatir ambos tipos de EMI conducidas. Los filtros de la línea eléctrica deben ser localizados teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

- a) Mantén la parte no protegida del cable de alimentación que está dentro del equipo lo más corto posible. El filtro debe ser montado óptimamente en el mamparo del gabinete para protegerse contra el acoplamiento de capacitancia parásita de entrada y salida a altas frecuencias.
- b) Evita la unión de los cables de energía protegidos y no protegidos debido a que los cables protegidos están cerca de los cables no protegidos.
- c) Evite el acoplamiento de los cables de alimentación con el cableado de señal.

Una de las principales fuentes de interferencia de ruido es la tierra del equipo. Dado que este cable es compartido por muchos usuarios, cualquier corriente indeseada de flujo generada por estas fuentes externas puede ser acoplada conductivamente a los circuitos de control. Para los equipos sensibles deben utilizarse conductores de tierra separados para el equipo, o este conductor puede desacoplarse mediante una reactancia de RF adecuada. Pueden utilizarse dispositivos de absorción, como perlas



METODOLOGIA PARA LA PUESTA A TIERRA DEL EQUIPO DE INSTRUMENTACION Y DE CONTROL EN SUBESTACIONES GENERADORAS CON BASE A LA NORMA IEEE 1050-1996

Universidad de Pamplona- Facultad de Ingenierías y Arquitectura
Departamento EEST- Ingeniería eléctrica

de ferrita, para desacoplar el blindaje externo producido por la interferencia de alta frecuencia del modo común.

Se puede evitar que muchos transitorios de alta frecuencia entren en los recintos de control puentando cada conductor de control a la tierra de la señal con un condensador de $0,1 \mu\text{F}$ en el bloque de terminales donde entra el cable. Para que este método sea eficaz, los conductores de los condensadores de derivación deben mantenerse lo más cortos posible. Debe tenerse cuidado en la evaluación si este método causará un retraso temporal indeseable de la señal.

Para que un filtro sea efectivo, se supone que se puede determinar que la frecuencia de interferencia es diferente a la de la frecuencia de la señal.

4.3.5 Otras técnicas de minimización del ruido

Las siguientes son otras técnicas de minimización de ruido que están disponibles.

4.3.5.1 Transformadores de aislamiento

Los transformadores de aislamiento pueden usarse para equilibrar el circuito de la señal. Cuando ambos extremos de un par de cables son alimentados por transformadores de aislamiento, los cables se aíslan de las diferencias de potencial de tierra de baja frecuencia en el equipo terminal. El uso de transformadores de aislamiento sólo es posible para las señales de CA.

4.3.5.2 Neutralizando los transformadores

Los transformadores neutralizadores pueden utilizarse para eliminar los efectos de las diferencias de potencial de tierra de baja frecuencia. Todos los cables de control entrantes pasarán por el transformador neutralizador y se convertirán en bobinas secundarias separadas. El devanado primario tiene el mismo número de vueltas que cada uno de los secundarios y es energizado por el aumento del potencial de tierra de la estación; un extremo está conectado a la tierra de la estación y el otro está conectado a tierra a una distancia suficiente para no ser afectado por las corrientes de falla de la estación. Así pues, se induce una tensión igual a la subida de tierra en los circuitos de control y el potencial de subida de tierra no está presente entre el. los cables de entrada y el circuito de control. El transformador neutralizador tiene la ventaja de que puede ser usado tanto para señales de CA como de CC.

Autor:
Gerald Stiwen Cogaria Correa

Director:
M.Sc. Jesús A. Velazco Ochoa.



METODOLOGIA PARA LA PUESTA A TIERRA DEL EQUIPO DE INSTRUMENTACION Y DE CONTROL EN SUBESTACIONES GENERADORAS CON BASE A LA NORMA IEEE 1050-1996

Universidad de Pamplona- Facultad de Ingenierías y Arquitectura

Departamento EEST- Ingeniería eléctrica

4.3.5.3 Ampliaciones diferenciales

El uso de amplificadores diferenciales es un medio eficaz para reducir el ruido del modo común. Aunque la tolerancia de modo común de la mayoría de los amplificadores diferenciales de los circuitos integrados es sólo de unos pocos voltios, se pueden tolerar voltajes de modo común de hasta varios miles de voltios utilizando el esquema de atenuación de entrada adecuado.

4.3.5.4 Aumentar la relación señal-ruido

Hay que tener cuidado al utilizar este método, ya que, aunque reducirá el ruido inducido en una región de frecuencia, causará un aumento del ruido en otra región. La modificación de la impedancia del circuito para reducir el ruido inducido por una fuente principalmente inductiva o capacitiva está sujeta a la misma advertencia que el aumento de la relación señal-ruido.

4.3.5.5 Cables de fibra óptica

Los cables de fibra óptica son inmunes a las fuentes de interferencia que afectan a los cables de control estándar que transportan corriente. Los circuitos de entrada y salida de los enlaces de fibra óptica son sensibles a EMI.

4.3.5.6 Supresión de la sobretensión

Se pueden aplicar descargadores de sobretensión, diodos, filtros de cristal, condensadores o chispas preionizadas. Sus conexiones deben estar cerca de los terminales del equipo.

Autor:
Gerald Stiwen Cogaria Correa

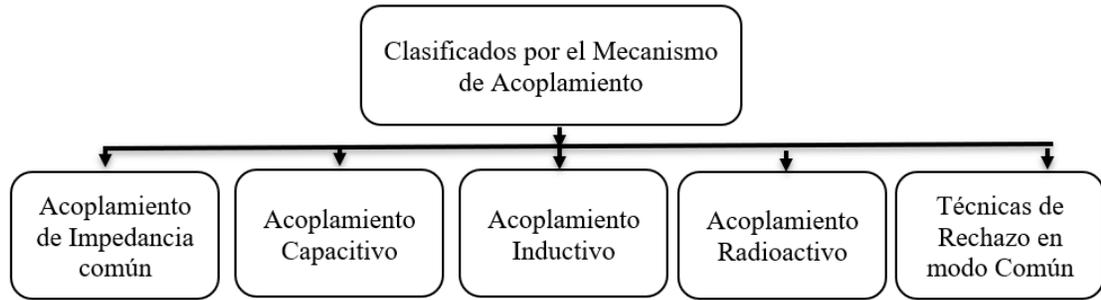
Director:
M.Sc. Jesús A. Velazco Ochoa.



METODOLOGIA PARA LA PUESTA A TIERRA DEL EQUIPO DE INSTRUMENTACION Y DE CONTROL EN SUBESTACIONES GENERADORAS CON BASE A LA NORMA IEEE 1050-1996

Universidad de Pamplona- Facultad de Ingenierías y Arquitectura

Departamento EEST- Ingeniería eléctrica



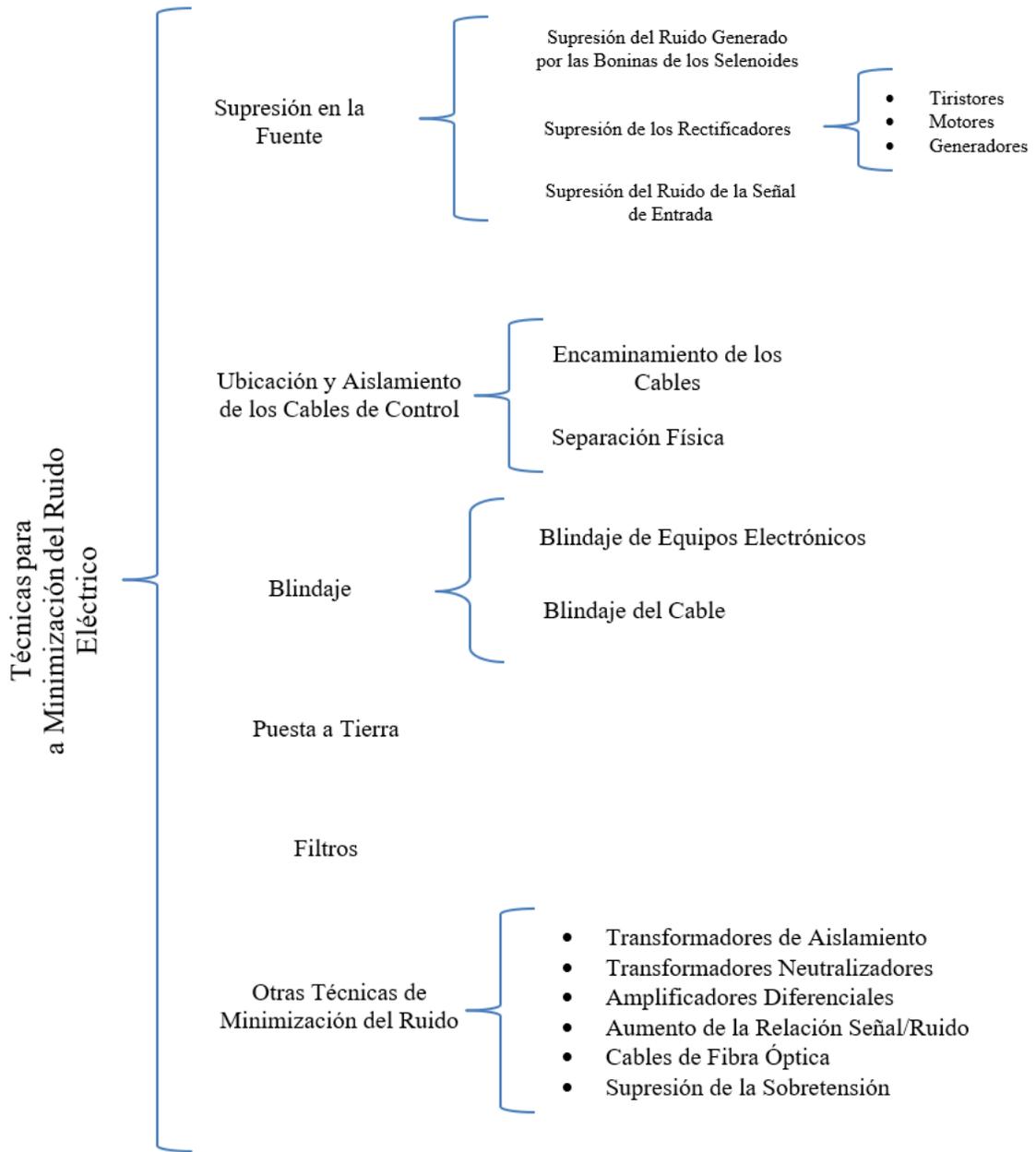
Esquema 2 Mecanismos de Acople



METODOLOGIA PARA LA PUESTA A TIERRA DEL EQUIPO DE INSTRUMENTACION Y DE CONTROL EN SUBESTACIONES GENERADORAS CON BASE A LA NORMA IEEE 1050-1996

Universidad de Pamplona- Facultad de Ingenierías y Arquitectura

Departamento EEST- Ingeniería eléctrica



Esquema 3 Técnicas de Minimización del Ruido Eléctrico

Autor:
Gerald Stiwen Cogaria Correa

Director:
M.Sc. Jesús A. Velazco Ochoa.



Capítulo 5

Conexión a tierra del blindaje del cable de señal

5.1. Requisitos del Blindaje del cable

Los blindajes de los cables están conectados a tierra para mayor seguridad y para proporcionar atenuación bidireccional de las interferencias electromagnéticas de campo lejano y de campo cercano en la ruta blindada. También están conectados a tierra para mantener el blindaje al mismo potencial que el común del circuito en un punto específico, generalmente en un extremo. La ubicación física exacta de esta conexión a tierra dependerá de la fuente de la interferencia electromagnética significativa y de la parte más sensible del circuito. Normalmente, la parte más sensible del circuito estará en uno de los extremos del cable.

Las prácticas de conexión a tierra del blindaje del cable que son efectivas para la interferencia de baja frecuencia no son generalmente efectivas para la interferencia de alta frecuencia, y las prácticas que son efectivas para la interferencia de alta frecuencia pueden crear problemas de baja frecuencia. Por lo tanto, es importante comprender no solo las diversas fuentes de interferencias electromagnéticas a las que estará sujeto un circuito, sino también las ventajas y desventajas de cada tipo de conexión a tierra de blindaje.

El Blindaje se debe ubicar entre los conductores acoplados de modo capacitivo:

- **Blindaje con tierra en un único punto:** Cuando la longitud del cable sea $L = \lambda/4$ funcionara como antena eficaz a baja frecuencia, se debe conectar la tierra al lado de la fuente.
- **Blindaje con tierra en ambos extremos:** Cuando la relación entre la longitud del conductor y la longitud de onda de la señal sea superior a 0.15, las ubicaciones de tierra deben estar a la misma diferencia de potencial.
- **Blindaje con tierra en Escudo:** Este se debe usar cuando se requiera evitar los efectos de resonancia, sin embargo, el sistema es costoso y aumenta la posibilidad que se dañe el cable.

5.2. Practicas del Blindaje de la Puesta a tierra

5.2.1. Circuito no apantallado conectado a tierra en un solo punto

El circuito de la señal está sujeto a la interferencia magnética y capacitiva de un conductor externo y también a la interferencia de una diferencia de potencial de tierra del V_N . El acoplamiento capacitivo a través de C_1 y C_2 impone las corrientes de interferencia I_N de la diferencia de potencial de tierra a las líneas de señal.

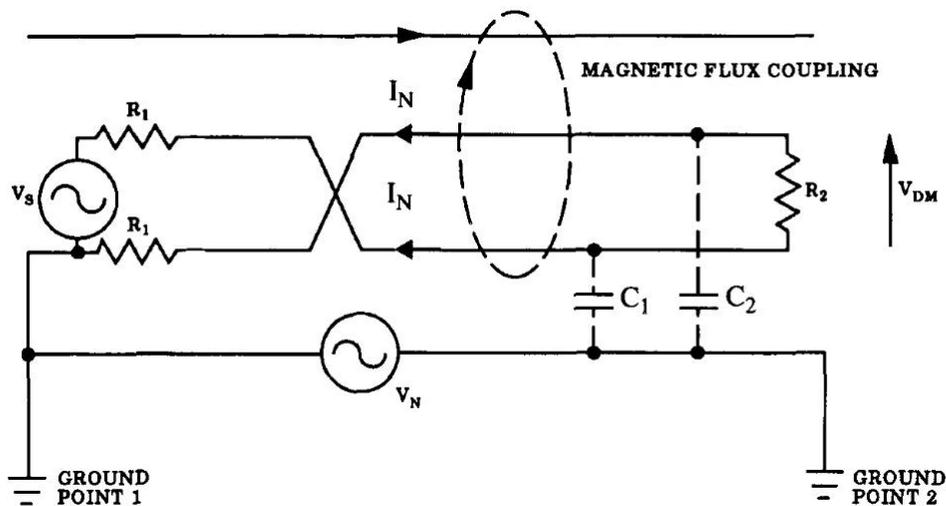


Figura 11 Cables de control de par trenzado

Si la fuente de la señal está conectada a tierra, un cable de par trenzado no proporcionará ninguna protección contra el acoplamiento capacitivo a baja frecuencia, ya que, aunque las corrientes inducidas pueden ser iguales, el circuito desequilibrado producirá ruido en modo diferencial.

Si el circuito no está conectado a tierra, este puede flotar a un nivel de interferencia no controlado. El extremo que tenga la mayor capacitancia a tierra debe ser conectado a tierra. En la práctica, normalmente es la fuente de la señal.

El circuito sigue sometido a un voltaje de modo común inducido por el flujo magnético causado por el di/dt en el conductor externo. La corriente de interferencia de modo común en el circuito puede causar un voltaje de modo diferencial V_{DM} si el circuito no está bien equilibrado.

5.2.2. Circuito blindado conectado a tierra en un extremo

La disposición como se muestra en la figura 10 reduce considerablemente la interferencia capacitiva de otros conductores a bajas frecuencias. Dado que el potencial de tierra está acoplado más directamente al escudo, la corriente de interferencia I_N se conduce al punto de tierra común. Esta disposición es adecuada para frecuencias de baja señal.

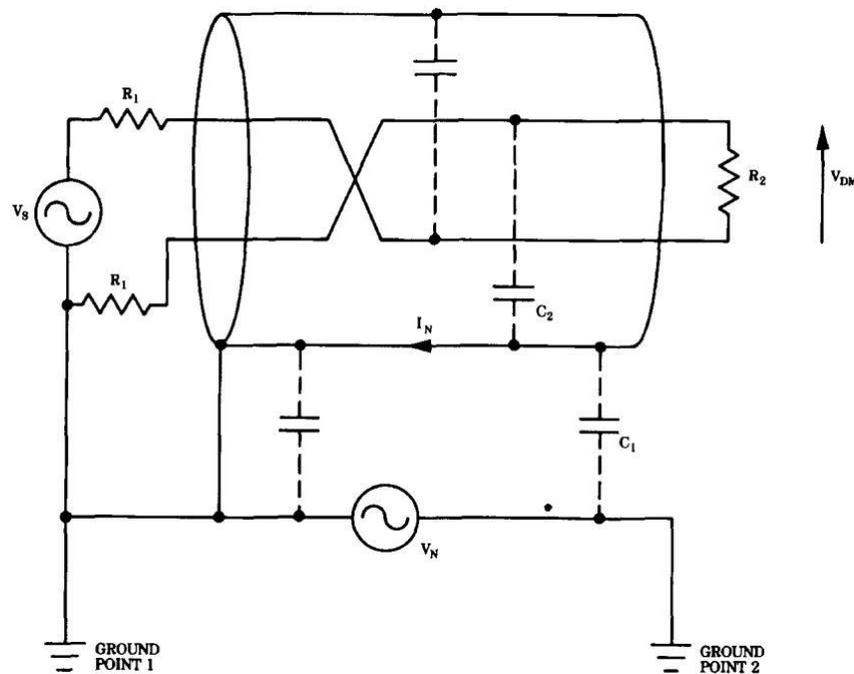


Figura 12 Circuito blindado conectado a tierra en un extremo

El voltaje del modo común, como antes, es igual al voltaje de tierra V_N . Sin embargo, con frecuencias de interferencia muy altas, los potenciales de tierra se acoplan firmemente al blindaje que a su vez se acopla con los conductores de señal a través de C_2 .

La figura 11 muestra ejemplos de puesta a tierra del escudo tanto para la fuente como para la carga. Observe que en ambos casos el blindaje está conectado a tierra en el punto de origen de la señal y se deja flotando en el punto de recepción. Este concepto de poner a tierra un blindaje sólo en la fuente de la señal es el método ideal para minimizar la captación de ruido de baja frecuencia. El blindaje debe estar conectado a tierra para ser efectivo.

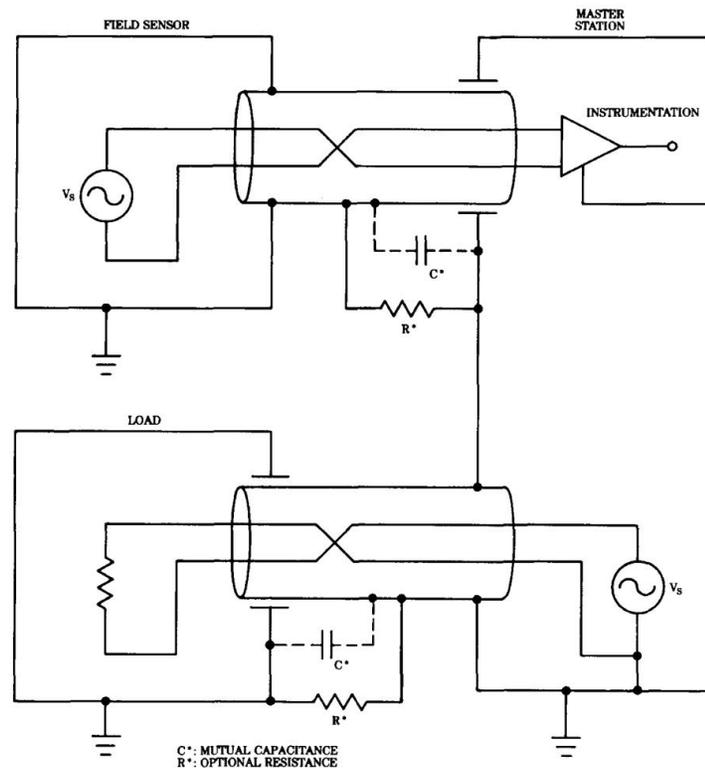


Figura 13 Escudo conectado a tierra en la fuente de la señal

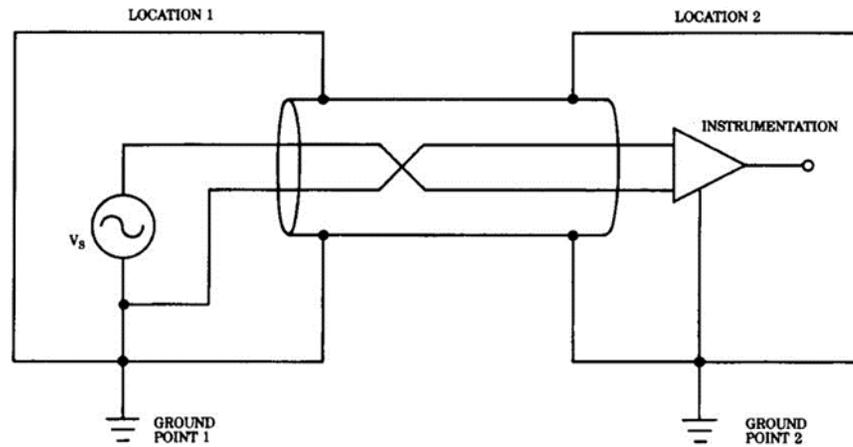
5.2.3. Circuito blindado conectado a tierra en ambos extremos

La configuración ideal de tierra de blindaje se muestra en la figura 12. Para que no fluya corriente de blindaje en esta configuración, las ubicaciones 1 y 2 tienen que estar a la misma diferencia de voltaje de tierra.

La configuración real de conexión a tierra del blindaje se muestra en la figura 13. En esta configuración, la diferencia de voltaje entre las ubicaciones 1 y 2 es un voltaje de modo común V_{CM} que hace que la corriente fluya a través del blindaje y los cables de señal del acoplamiento capacitivo. Por lo tanto, los circuitos de entrada deben procesar tanto el voltaje de la señal como el voltaje de modo común V_S y V_{CM} . Otra desventaja de este método es que las diferencias de potencial de tierra de alta frecuencia producidas por rayos o fallas del sistema se acoplarán a los conductores de señal.

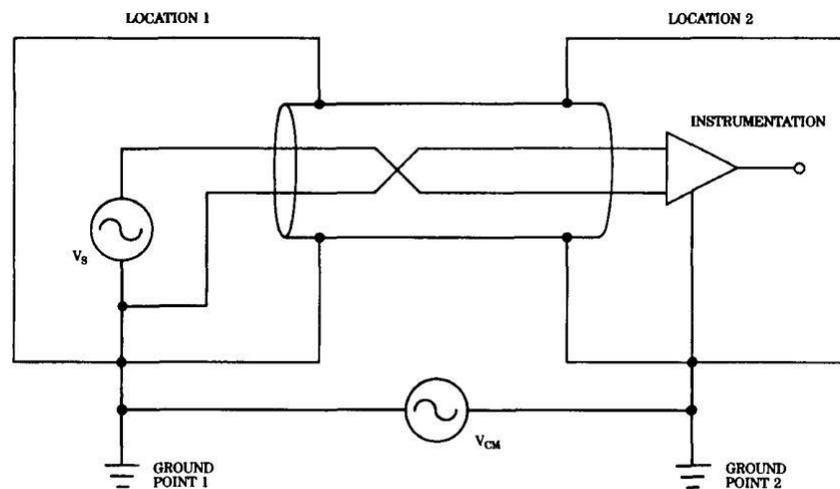
La corriente de blindaje puede inducir un voltaje de ruido de modo diferencial en el conductor central a través del acoplamiento magnético, a menos que los conductores de señal estén cuidadosamente equilibrados. Este es un problema particular para las señales de baja frecuencia y, por esta razón, la conexión a tierra de dos extremos debe usarse con mucha

precaución. Los cables de múltiples conductores con blindajes individuales pueden tener puntos de tierra blindados individuales si están aislados individualmente entre sí. Si un par trenzado blindado es parte de un haz de cables que pasa a través de un conector, se debe proporcionar una clavija separada para pasar el blindaje. Es posible que se necesite un cable con doble o triple blindaje para circuitos de alta impedancia de entrada o salida, especialmente en un entorno altamente electrostático.



LOCATION 1 AND 2 ARE AT THE SAME GROUND POTENTIAL LEVEL

Figura 14 Pantalla puesta a tierra en ambos extremos ideal



LOCATION 1 AND 2 ARE NOT AT THE SAME GROUND POTENTIAL LEVEL

Figura 15 Pantalla puesta a tierra en ambos extremos actual



METODOLOGIA PARA LA PUESTA A TIERRA DEL EQUIPO DE INSTRUMENTACION Y DE CONTROL EN SUBESTACIONES GENERADORAS CON BASE A LA NORMA IEEE 1050-1996

Universidad de Pamplona- Facultad de Ingenierías y Arquitectura
Departamento EEST- Ingeniería eléctrica

5.3. Práctica de puesta a tierra del Cuadro Central de Distribución (CDF)

Para minimizar la transferencia de ruido a la señal, la práctica de puesta a tierra ideal es poner a tierra todos los escudos de cable solo en la fuente de señal. Sin embargo, esto resultaría en un sistema de tierra ampliamente distribuido en toda la estación, con las siguientes desventajas:

- Un aumento de la dificultad para controlar la práctica de puesta a tierra del escudo a través de las fases de diseño y construcción con la probabilidad de introducir bucles de varios terrenos
- Un aumento sustancial en el tiempo de puesta en marcha debido a la dificultad para rastrear los bucles de tierra
- La dificultad y el costo de proporcionar un sistema de referencia de tierra aislado ampliamente distribuido

Algunas empresas de servicios públicos han aceptado un enfoque de compromiso de proporcionar una referencia central fundamentada en el extremo receptor o cerca de ello. Combinado con otras prácticas de minimizar la generación de ruido en una estación generadora, este sistema ha demostrado proporcionar protección para minimizar el acoplamiento a niveles aceptables. Los sistemas de señal y procesamiento más sensibles se pueden tratar por separado con el escudo conectado a tierra en el extremo de la fuente.

Además de contrarrestar las tres desventajas de la práctica convencional, el CDF proporciona un sistema ideal para permitir sistemas de cableado troncal. Estos pueden tener ventajas sustanciales de costos y horarios.

5.4. Cable Coaxial

Las señales a frecuencias superiores a 300 kHz a menudo se transmiten por cable coaxial. En este tipo de cable, el conductor externo o escudo actúa como una trayectoria de retorno y también proporciona un filtro por así decirlo para voltajes parásitos.

A frecuencias más bajas, la corriente de retorno viaja principalmente a través del plano de tierra en lugar de a través del escudo. Por lo tanto, a bajas frecuencias, el escudo no ofrece prácticamente ningún blindaje magnético.

Autor:
Gerald Stiwen Cogaria Correa

Director:
M.Sc. Jesús A. Velazco Ochoa.



METODOLOGIA PARA LA PUESTA A TIERRA DEL EQUIPO DE INSTRUMENTACION Y DE CONTROL EN SUBESTACIONES GENERADORAS CON BASE A LA NORMA IEEE 1050-1996

Universidad de Pamplona- Facultad de Ingenierías y Arquitectura

Departamento EEST- Ingeniería eléctrica

La frecuencia particular por debajo de la cual un escudo no ofrecerá prácticamente ninguna atenuación se denomina la frecuencia de corte.

Las frecuencias de corte para los cables coaxiales estándar oscilan entre 0,5 a 10 kHz. A medida que la frecuencia aumenta por encima de la frecuencia de corte, el escudo ofrece una atenuación creciente. La mejora en la eficacia del blindaje se debe a la reducción del área de bucle causada por el retorno de corriente en el escudo, en lugar de a través del plano de tierra, y no por las propiedades de blindaje magnético del escudo en sí. A frecuencias extremadamente altas, el cable coaxial comenzará a parecer un cable triaxial cuando las profundidades de la piel en la superficie interior y externa del escudo no se superpongan.

Para que el blindaje coaxial sea eficaz, el escudo debe terminarse correctamente. La práctica de torcer la trenza de un cable coaxial y la soldadura puntual a la base de un conector puede dar lugar a una degradación de 20 dB en la eficacia del escudo a altas frecuencias. La trenza debe soldarse para que encierre completamente el conductor interno en la unión de conexión.

Se debe utilizar el radio de plegado máximo posible al enrutar el cable coaxial. El radio de curvatura no debe ser inferior a 10 veces el diámetro nominal del cable. Cabe señalar que la mayoría de los escudos coaxiales trenzados proporcionan sólo alrededor del 85% de cobertura del conductor central.

5.5 Cable de par trenzado

En las frecuencias del sistema de audio y potencia, donde los bucles de tierra son una molestia, se pueden lograr relaciones de rechazo de modo común de hasta 60 dB mediante el uso de cables de par trenzado que alimentan cargas equilibradas. Al girar los cables, se forma una serie de bucles adyacentes en el circuito del instrumento en lugar de un bucle, que se formaría mediante el uso de dos conductores paralelos. Cualquier campo magnético que pase a través de ambos bucles del cable del instrumento tenderá a ser cancelado, ya que las corrientes inducidas por los campos magnéticos en bucles adyacentes en cada cable están en direcciones opuestas. El cable de par trenzado también es eficaz para el acoplamiento capacitivo al garantizar que cualquier ruido acoplado esté equilibrado.

Autor:

Gerald Stiwen Cogaria Correa

Director:

M.Sc. Jesús A. Velazco Ochoa.

5.6 Circuitos equilibrados

Para que el rechazo del modo común sea eficaz, la impedancia del terminal y el par deben estar equilibrados. Esto implica que, si el circuito se va a poner a tierra, debe estar conectado a tierra en el centro

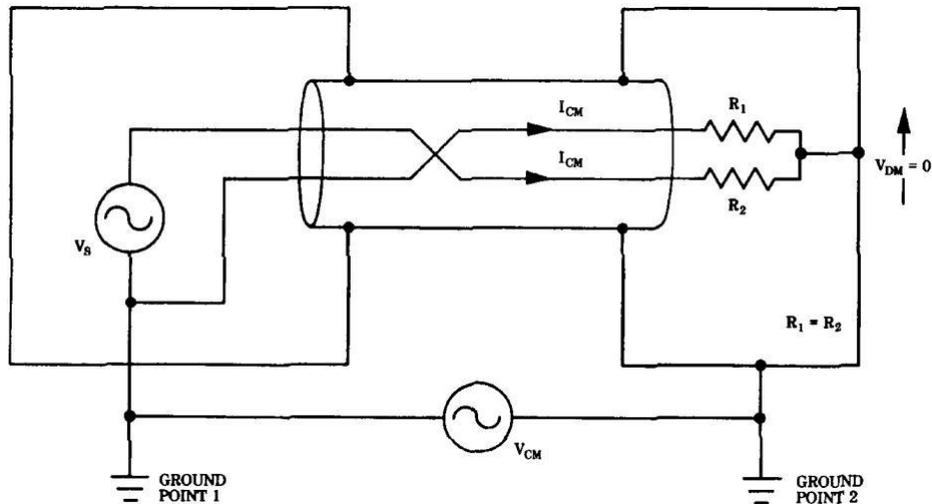


Figura 16 Rechazo de modo común con circuitos balanceados

Sin embargo, si el circuito se ha conectado a tierra en un extremo, la mitad de la corriente de modo común inducida se activará a través de la carga, reduciendo así el rechazo del modo común de unos 60 dB a 6 dB. Hay poco beneficio de usar un par trenzado si el circuito está desequilibrado conectando un lado a tierra.

Si la puesta a tierra equilibrada no es una opción viable, puede ser mejor que el receptor en su gabinete baje la corriente de modo común en el par trenzado.

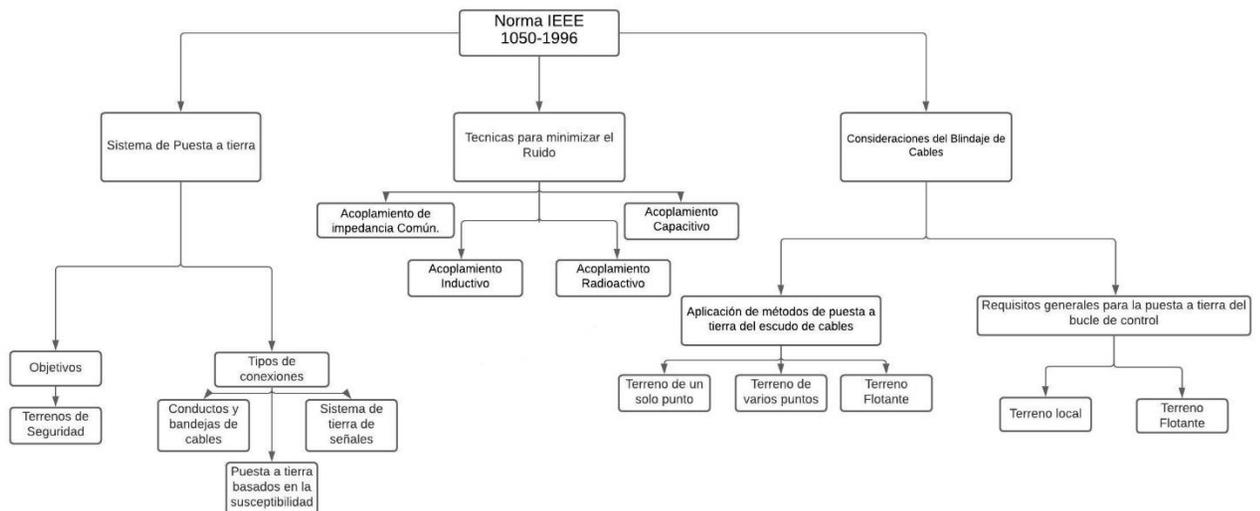
Cuanto más corto sea el lay del par trenzado, mayor será la reducción de ruido. Dado que los bucles más cortos son más costosos de fabricar, 18 vueltas/m a menudo se toman como óptimos.

A altas frecuencias, los desequilibrios en las capacitancias y las inductancias perdidas hacen que el rechazo de modo común sea menos eficaz. Por esta razón, se deben utilizar pares blindados y retorcidos, ya que a medida que los pares retorcidos se vuelven menos eficaces en frecuencias más altas, la efectividad del escudo aumenta.

Capítulo 6

Técnicas para minimizar las Fuentes de Ruido, Las Conexiones a tierra de los sistemas de Instrumentación y control, el Blindaje del cable de señal considerados para el diseño de la puesta a tierra en Subestaciones Generadoras

En este capítulo se esquematizan los diseños, técnicas o consideraciones que se obtuvieron de la norma para luego ser plasmados en el documento objetivo del trabajo, se espera que la información sea clara para el interesado en el tema y resulte beneficioso a la hora de aplicar la norma.



Esquema 4 General de la norma

6.1. Sistema de Puesta a Tierra

6.1.1 Objetivos

Los objetivos principales de las prácticas de puesta a tierra son:

- Mantener voltajes seguros en el área de la estación durante los transitorios del sistema de alto voltaje (potenciales de paso y contacto).
- Minimizar los efectos de las sobretensiones de los rayos en el equipo y las estructuras.
- Proporcionar una ruta de retorno de la corriente de falla de tierra de baja impedancia.



METODOLOGIA PARA LA PUESTA A TIERRA DEL EQUIPO DE INSTRUMENTACION Y DE CONTROL EN SUBESTACIONES GENERADORAS CON BASE A LA NORMA IEEE 1050-1996

Universidad de Pamplona- Facultad de Ingenierías y Arquitectura
Departamento EEST- Ingeniería eléctrica

- Proporcionar una vía de fuga de baja impedancia para cualquier carga estática que pueda acumularse en el equipo.
- Minimizar las interferencias de ruido en los sistemas de instrumentación proporcionando una referencia de señal común de baja impedancia relativa entre dispositivos, circuitos y sistemas completos.

6.1.2. Terrenos de Seguridad

Los requisitos para el diseño e instalación de un terreno de seguridad incluyen lo siguiente:

- Asegúrese de que todos los recintos se construyan con disposiciones especiales, como un bus de tierra de CA designado para terminar el cable de tierra del equipo que se extiende desde la alfombra de tierra de la estación. Esta conexión es adicional al conductor de tierra/carril proporcionado con los conductores de energía entrante.
- Conecte el cable de tierra de seguridad al bus de tierra del equipo designado. Utilice sólo una conexión entre la caja y la tierra. Esta conexión es adicional al conductor de puesta a tierra/canal provisto con los cables de alimentación de entrada.
- El cable de tierra de seguridad debería ser un conductor trenzado. Este conductor sólo debe ser aislado si la corrosión es un peligro grave. En ambientes corrosivos conocidos, deben hacerse comprobaciones periódicas de la integridad de todas las conexiones a tierra.
- Conectar todos los chasis individuales dentro del recinto (en particular los chasis deslizantes de funcionamiento eléctrico) que no estén integrados en la estructura del panel a la estructura mecánica, ya sea mediante correas trenzadas, aisladas o cualquier otra forma de tierra intencional.
- Atar los puntos de tierra de seguridad individuales de los gabinetes ubicados de cerca, mecánicamente desintegrados, a un único punto de tierra común que está conectado a la alfombra de tierra de la estación.

Autor:
Gerald Stiwen Cogaria Correa

Director:
M.Sc. Jesús A. Velazco Ochoa.



METODOLOGIA PARA LA PUESTA A TIERRA DEL EQUIPO DE INSTRUMENTACION Y DE CONTROL EN SUBESTACIONES GENERADORAS CON BASE A LA NORMA IEEE 1050-1996

Universidad de Pamplona- Facultad de Ingenierías y Arquitectura
Departamento EEST- Ingeniería eléctrica

6.1.3. Conexión a tierra de conductos y bandejas de cables

Algunas consideraciones importantes sobre la instalación se enumeran aquí para completarlas.

- Todos los conductos deben conectarse al sistema de tierra de la instalación, independientemente de si se utiliza para encerrar los circuitos de energía.
- Todas las uniones entre las secciones de los conductos, accesorios y cajas deben ser eléctricamente continuas.
- Todas las roscas de tubos y contratueras deben ser tratadas con un lubricante conductor antes de que sean enganchadas y apretadas.
- Las tuercas de conexión a tierra deben penetrar positivamente en toda la pintura u otros acabados no conductores.
- Todas las uniones que no sean intrínsecamente continuas deben ser unidas con puentes, de tamaño adecuado para los conductores contenidos en la bandeja de cables.
- Los tornillos de las placas de cubierta de las cajas de extracción, cajas de empalme y cajas de salida deben estar apretados.
- Todos los soportes de los conductos y los colgadores deben estar firmemente unidos al conducto y a los miembros estructurales a los que están unidos.
- Todos los sistemas de bandejas de cables deben ser eléctricamente continuos. Esto incluye soportes o colgadores.

6.1.4. Sistema de tierra de señales

El objetivo fundamental de un sistema de tierra de señales es crear un plano de tierra de referencia al que se conecten los equipos electrónicos de un área localizada.

- Sistema terrestre de punto único
 - a. Gabinetes en estrecha proximidad
 - b. Gabinetes que están ampliamente separados

Autor:
Gerald Stiwen Cogaria Correa

Director:
M.Sc. Jesús A. Velazco Ochoa.



METODOLOGIA PARA LA PUESTA A TIERRA DEL EQUIPO DE INSTRUMENTACION Y DE CONTROL EN SUBESTACIONES GENERADORAS CON BASE A LA NORMA IEEE 1050-1996

Universidad de Pamplona- Facultad de Ingenierías y Arquitectura
Departamento EEST- Ingeniería eléctrica

- Sistema terrestre de puntos múltiples
- Sistema de tierra flotante

6.1.5. Puesta a tierra de circuitos de control de baja frecuencia basada en la susceptibilidad

- Puesta a tierra de los circuitos de control de alta susceptibilidad
- Puesta a tierra de los circuitos de control de media susceptibilidad
- Puesta a tierra de los circuitos de control de baja susceptibilidad

6.2. Minimización Del Ruido

Las técnicas que se documentaran a continuación deben ser optimizadas en función al tipo de interferencia encontrada en el sistema. Ya que cada una de ellas está enfocada a reducir un mecanismo de acoplamiento específico.

6.2.1. Acoplamiento de impedancia Común.

Si se desea minimizar el ruido mediante este método se debe:

- Eliminar tantos puntos de impedancia comunes entre los circuitos como sea posible, no utilizando ningún conductor como parte de más de un circuito.
- Haga las conexiones a tierra tan cortas como sea posible. Para altas frecuencias, el cortocircuito es del orden de 1 m y la conexión se haría a la tierra de referencia de la señal. Para bajas frecuencias, el cortocircuito es del orden de 100 m y se haría a la tierra de un solo punto.
- Reducir la resistencia e impedancia de los conductores de tierra. Para los circuitos de alta frecuencia, la impedancia es importante sólo cuando es parte del circuito.

Autor:
Gerald Stiwen Cogaria Correa

Director:
M.Sc. Jesús A. Velazco Ochoa.



METODOLOGIA PARA LA PUESTA A TIERRA DEL EQUIPO DE INSTRUMENTACION Y DE CONTROL EN SUBESTACIONES GENERADORAS CON BASE A LA NORMA IEEE 1050-1996

Universidad de Pamplona- Facultad de Ingenierías y Arquitectura
Departamento EEST- Ingeniería eléctrica

6.2.2. Acoplamiento Capacitivo

Las técnicas de minimización para el acoplamiento capacitivo son las siguientes:

- Reducir la impedancia del circuito sensible.
- Coloque y conecte los escudos conductores de manera que las corrientes de ruido acopladas capacitivamente sean devueltas a la tierra sin pasar por las líneas de señal. Los escudos capacitivos deben encerrar adecuadamente los circuitos de señal y estar construidos con un material de baja impedancia para proporcionar un camino alternativo de derivación para la corriente de ruido.
- Circuitos de control de ruta para minimizar el acoplamiento (por ejemplo, la separación física y los cruces en ángulo recto).
- Especificar los transformadores que tienen escudos capacitivos entre los bobinados primarios y secundarios.

6.2.3. Acoplamiento Inductivo

Las técnicas de minimización del acoplamiento inductivo son las siguientes:

- Aumentar la impedancia del circuito sensible.
- Desvía los campos magnéticos mediante un blindaje con material de baja resistencia.
- Repele los campos magnéticos mediante un blindaje con material de alta permeabilidad.
- Circuitos de control de ruta para minimizar el área de acoplamiento y de bucle (por ejemplo, separación física, cruce en ángulo recto, enrutamiento radial, torsión de pares de señales).
- En las áreas de interferencia de alta frecuencia, use cables apantallados longitudinalmente.
- Aumenta el tiempo de subida de la señal.



METODOLOGIA PARA LA PUESTA A TIERRA DEL EQUIPO DE INSTRUMENTACION Y DE CONTROL EN SUBESTACIONES GENERADORAS CON BASE A LA NORMA IEEE 1050-1996

Universidad de Pamplona- Facultad de Ingenierías y Arquitectura
Departamento EEST- Ingeniería eléctrica

6.2.4. Acoplamiento Radioactivo

Las técnicas de minimización del acoplamiento radiactivo son las siguientes:

- Absorber los campos radiados usando un escudo dieléctrico o magnético con pérdida.
- Reflejar los campos radiados usando escudos metálicos.
- Separa el emisor y el receptor por la máxima distancia posible ya que la fuerza de campo es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia.
- Diseñe las aberturas de los gabinetes con respecto a las técnicas de Blindaje de equipos electrónicos.

6.2.5. Técnicas de rechazo del modo común

El ruido del modo común puede ser producido por cualquiera de los cuatro métodos de acoplamiento anteriores. Dado que el ruido de modo común a menudo se convierte en ruido de modo diferencial, el ruido de modo común es la fuente más frecuente de problemas dentro de los circuitos de control. A continuación, se describen varias técnicas que son útiles para reducir al mínimo el ruido en modo común:

- Haga el circuito de señal simétrico usando un transductor balanceado y líneas de señal idénticas.
- Maximizar las impedancias de acoplamiento del modo común por:
 - a. Aumentando la separación física entre el emisor y el receptor.
 - b. Minimizando el número de conexiones directas a la fuente de interferencia.
- Usar técnicas de blindaje para evitar que la interferencia llegue a los circuitos sensibles.
- Usar dispositivos de rechazo de modo común, es decir,
 - a. Ampliaciones diferenciales



METODOLOGIA PARA LA PUESTA A TIERRA DEL EQUIPO DE INSTRUMENTACION Y DE CONTROL EN SUBESTACIONES GENERADORAS CON BASE A LA NORMA IEEE 1050-1996

Universidad de Pamplona- Facultad de Ingenierías y Arquitectura
Departamento EEST- Ingeniería eléctrica

- b. Transformadores de aislamiento
- c. Aisladores ópticos
- Aplicar los conceptos de conexión a tierra de un solo punto y de conexión a tierra de flotante, evitando los esquemas de conexión a tierra de múltiples puntos. Esto puede ser difícil de lograr en un sistema extenso.

6.3. Consideraciones De Blindaje De Cables

La conexión de los conductores de repuesto en un cable a tierra en ambos extremos reduce la cantidad de acoplamiento de alta frecuencia. En los cables de control de múltiples conductores, sin embargo, tal procedimiento también puede aumentar el nivel de interferencia de 60 Hz de los bucles de tierra.

Si los cables de control se colocan en una zanja de cables, se puede proporcionar un blindaje adicional de baja frecuencia de los cables mediante la ejecución de un conductor de rejilla de tierra 4/0 ya sea dentro o en la parte superior de la zanja.

En áreas de tensión extremadamente alta 34.5 kV y superiores, se es necesario proteger todos los cables de alimentación, como la iluminación del patio y el servicio de estación de 120 V, como resultado de problemas de funcionamiento causados por transitorios de alta frecuencia que se propagan a lo largo de estos cables.

6.3.1 Aplicación de métodos de puesta a tierra del blindaje de cables

Se requiere la puesta a tierra de la computadora y los equipos de Instrumentación y Control para la seguridad y la fiabilidad. Aunque la seguridad tiene la máxima prioridad, el ordenador y el sistema multiplexado deben ser simultáneamente seguros y operativamente fiables.

- Terreno de un solo punto
 - a. Protege el equipo del ruido de frecuencia relativamente baja en un sistema de puesta a tierra de la estación generadora.
 - b. Sólo es económico para situaciones en las que hay una alta densidad de equipos electrónicos, como en las salas de equipos de control.

Autor:
Gerald Stiwen Cogaria Correa

Director:
M.Sc. Jesús A. Velazco Ochoa.



METODOLOGIA PARA LA PUESTA A TIERRA DEL EQUIPO DE INSTRUMENTACION Y DE CONTROL EN SUBESTACIONES GENERADORAS CON BASE A LA NORMA IEEE 1050-1996

Universidad de Pamplona- Facultad de Ingenierías y Arquitectura
Departamento EEST- Ingeniería eléctrica

- Terreno de varios puntos
 - a. Este concepto protege el equipo de interferencias relativamente de alta frecuencia.
 - b. Este sistema es generalmente más fácil de lograr que la puesta a tierra de un solo punto.
 - c. El uso de puesta a tierra de múltiples puntos con conductores cortos parece ser el método más fiable y simple para hacer frente a señales de más de 300 kHz de frecuencia.
 - d. El sistema de múltiples puntos debe utilizarse en sistemas en los que se espera interferencia de alta frecuencia.
 - e. La aplicación práctica es utilizar el chasis del equipo como referencia de señal. A continuación, el chasis se conecta a la caja del equipo y al suelo del equipo con un gran número de conexiones.
- Terreno flotante
 - a. Es difícil de lograr en la práctica y se encontrará comúnmente sólo en subsistemas. Debido a que los subsistemas de operación representan un peligro para la seguridad, todos los que se suministran con el equipo suministrado por el proveedor deben estar contenidos dentro de un gabinete conectado a tierra.

6.3.2 Requisitos generales para la puesta a tierra del bucle de control

- Los bucles de control no asociados con el control digital directo o los sistemas basados en computadoras requieren conexiones de tierra eficaces para la seguridad, la minimización del ruido y para el establecimiento de tensión de referencia.
- La puesta a tierra del bucle de control se puede clasificar en dos grupos: tierra local y tierra de salida.
- El escudo del cable debe estar conectado a tierra en el punto de máxima capacitancia entre el escudo y la referencia del circuito. Esto reduce la posibilidad de crear un bucle de tierra a través de la capacitancia, al mismo tiempo que minimiza la corriente de carga y el ruido de modo común resultante que se puede producir.

Autor:
Gerald Stiwen Cogaria Correa

Director:
M.Sc. Jesús A. Velazco Ochoa.



METODOLOGIA PARA LA PUESTA A TIERRA DEL EQUIPO DE INSTRUMENTACION Y DE CONTROL EN SUBESTACIONES GENERADORAS CON BASE A LA NORMA IEEE 1050-1996

Universidad de Pamplona- Facultad de Ingenierías y Arquitectura
Departamento EEST- Ingeniería eléctrica

6.3.2.1 Terreno local

- Los instrumentos que tienen conexiones conectadas a tierra deben tener sus escudos de cable conectados a tierra lo más cerca posible del suelo del instrumento.
- Los termopares, los detectores de temperatura de la resistencia y otros instrumentos que tengan entradas conectadas a tierra deben estar conectados a tierra de esta manera.
- La continuidad del escudo debe mantenerse desde la conexión del sensor al receptor, y el escudo debe aislarse del suelo, excepto en el punto de máxima capacitancia, que suele ser la fuente de señal.

6.3.2.2 Terreno Flotante

- Las señales que no están conectadas a tierra, es decir, que no se conecten deben tener sus escudos de cable conectados a tierra lo más cerca posible de la fuente.
- Los transmisores, los amplificadores de aislamiento y todas las entradas sin conexión a tierra deben tener sus escudos de cable conectados a tierra.

6.3.3 Terreno flotante para comunicaciones digitales en un sistema distribuido

Los amplificadores diferenciales, los controladores y los receptores están diseñados para funcionar con dos potenciales de referencia de puesta a tierra.

Deben tenerse en cuenta los siguientes puntos:

- El escudo debe estar conectado a tierra en el punto de máxima capacitancia para evitar que se forme un bucle de tierra entre la conexión del escudo a tierra y la capacitancia perdida. Este punto de máxima capacitancia es a menudo la fuente de señal.
- Cuando ambos lados están conectados a tierra a diferentes puntos de referencia, hay dos con traedores independientes, y los circuitos diferenciales del transmisor y del receptor deben ser clasificados para soportar la diferencia en el nivel de voltaje entre ambos puntos de referencia, a menos que un transformador sea el único dispositivo de acoplamiento utilizado.

Autor:
Gerald Stiwen Cogaria Correa

Director:
M.Sc. Jesús A. Velazco Ochoa.



METODOLOGIA PARA LA PUESTA A TIERRA DEL EQUIPO DE INSTRUMENTACION Y DE CONTROL EN SUBESTACIONES GENERADORAS CON BASE A LA NORMA IEEE 1050-1996

Universidad de Pamplona- Facultad de Ingenierías y Arquitectura
Departamento EEST- Ingeniería eléctrica

Capítulo 7 Resultados

7.1. Formato

Para esto se desarrolla un documento donde se plasmarán aquellos objetivos, pautas y recomendaciones a la hora del diseño de la puesta a tierra para los equipos de instrumentación y control en una subestación cuando esta es cercana a una central generadora.

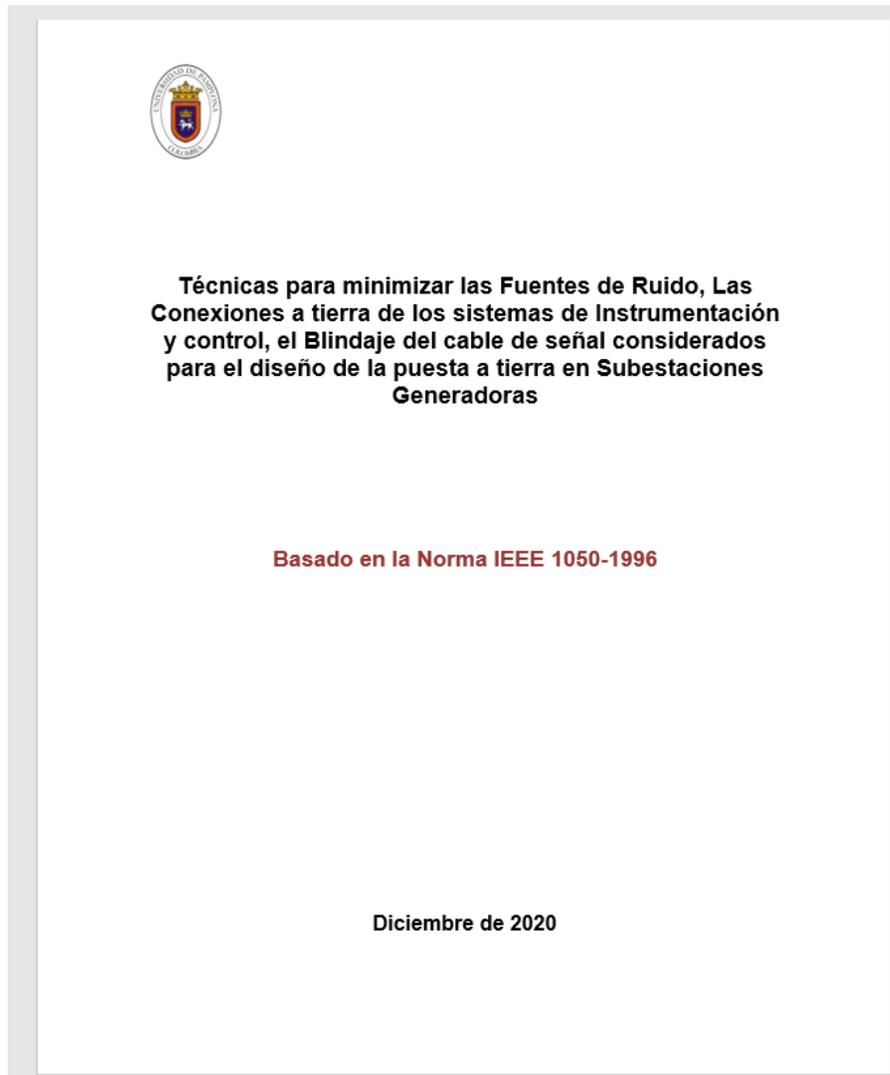


Figura 17 Diseño de la portada del documento

Autor:
Gerald Stiwen Cogaria Correa

Director:
M.Sc. Jesús A. Velazco Ochoa.



METODOLOGIA PARA LA PUESTA A TIERRA DEL EQUIPO DE INSTRUMENTACION Y DE CONTROL EN SUBESTACIONES GENERADORAS CON BASE A LA NORMA IEEE 1050-1996

Universidad de Pamplona- Facultad de Ingenierías y Arquitectura
Departamento EEST- Ingeniería eléctrica

7.2. Contenido del Documento

Para esto anteriormente ya se tienen esquematizados aquellos requisitos, técnicas a usar y consideraciones las cuales ayudaran a las personas a las cuales va dirigido este documento con el entendimiento de la norma y aplicación al caso que se desee los cuales se espera ayuden a la optimización del proceso a la hora de aplicar la norma.

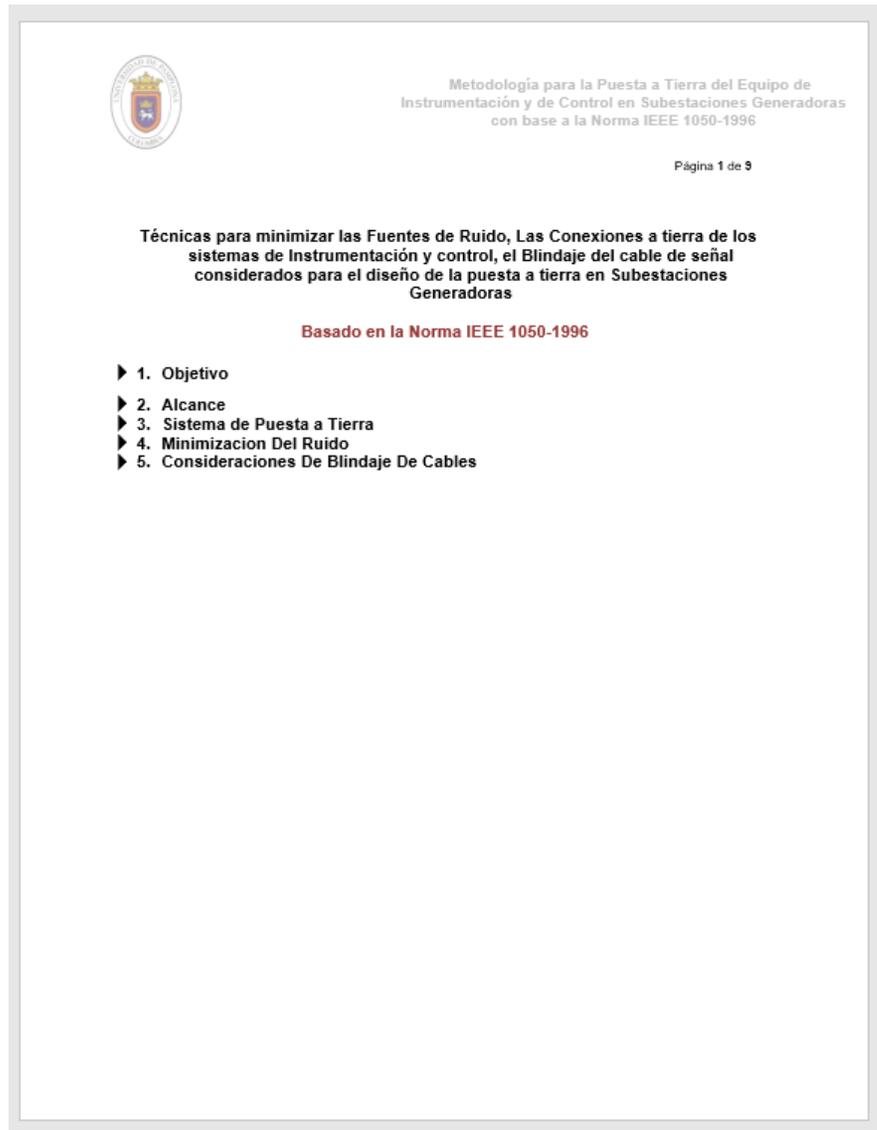


Figura 18 Contenido del Documento

Autor:
Gerald Stiwen Cogaria Correa

Director:
M.Sc. Jesús A. Velazco Ochoa.



METODOLOGIA PARA LA PUESTA A TIERRA DEL EQUIPO DE INSTRUMENTACION Y DE CONTROL EN SUBESTACIONES GENERADORAS CON BASE A LA NORMA IEEE 1050-1996

Universidad de Pamplona- Facultad de Ingenierías y Arquitectura
Departamento EEST- Ingeniería eléctrica



Metodología para la Puesta a Tierra del Equipo de Instrumentación y de Control en Subestaciones Generadoras con base a la Norma IEEE 1050-1996

Página 2 de 12

Técnicas para minimizar las Fuentes de Ruido, Las Conexiones a tierra de los sistemas de Instrumentación y control, el Blindaje del cable de señal considerados para el diseño de la puesta a tierra en Subestaciones Generadoras

Basado en la Norma IEEE 1050-1996

1. Objetivo

Definir las técnicas, tipos de conexión, pautas y consideraciones que deberán ser tenidas en cuenta para el diseño de la puesta a tierra en basado en [la norma IEEE 1050-1996](#); con el fin facilitar la comprensión de la información que nos ofrece esta norma al tener claro aquello que se debe realizar o verificar en cada momento.

2. Alcance

Aplica para el personal que hacen uso la norma ya sea para desarrollar algunos de los siguientes trabajos o afines:

- a. Diseño de la Subestación.
- b. Supervisión de la Subestación.
- c. Estudios de los Sistemas de puesta a tierra.

Figura 19 Pagina 2 Documento Resultado

Autor:
Gerald Stiwen Cogaria Correa

Director:
M.Sc. Jesús A. Velazco Ochoa.



METODOLOGIA PARA LA PUESTA A TIERRA DEL EQUIPO DE INSTRUMENTACION Y DE CONTROL EN SUBESTACIONES GENERADORAS CON BASE A LA NORMA IEEE 1050-1996

Universidad de Pamplona- Facultad de Ingenierías y Arquitectura
Departamento EEST- Ingeniería eléctrica



Metodología para la Puesta a Tierra del Equipo de Instrumentación y de Control en Subestaciones Generadoras con base a la Norma IEEE 1050-1996

Página 3 de 12

3. Sistema de Puesta a Tierra

3.1. Objetivos

Los objetivos principales de las prácticas de puesta a tierra son:

- ✓ Mantener voltajes seguros en el área de la estación durante los transitorios del sistema de alto voltaje (potenciales de paso y contacto).
- ✓ Minimizar los efectos de las sobretensiones de los rayos en el equipo y las estructuras.
- ✓ Proporcionar una ruta de retorno de la corriente de falla de tierra de baja impedancia.
- ✓ Proporcionar una vía de fuga de baja impedancia para cualquier carga estática que pueda acumularse en el equipo.
- ✓ Minimizar las interferencias de ruido en los sistemas de instrumentación proporcionando una referencia de señal común de baja impedancia relativa entre dispositivos, circuitos y sistemas completos.

3.2. Terrenos de Seguridad

Los requisitos para el diseño e instalación de un terreno de seguridad incluyen lo siguiente:

- ✓ Asegúrese de que todos los recintos se construyan con disposiciones especiales, como un bus de tierra de CA designado para terminar el cable de tierra del equipo que se extiende desde la alfombra de tierra de la estación. Esta conexión es adicional al conductor de tierra/carril proporcionado con los conductores de energía entrante.
- ✓ Conecte el cable de tierra de seguridad al bus de tierra del equipo designado. Utilice sólo una conexión entre la caja y la tierra. Esta conexión es adicional al conductor de puesta a tierra/canal provisto con los cables de alimentación de entrada.
- ✓ El cable de tierra de seguridad debería ser un conductor trenzado. Este conductor sólo debe ser aislado si la corrosión es un peligro grave. En ambientes corrosivos conocidos, deben hacerse comprobaciones periódicas de la integridad de todas las conexiones a tierra.
- ✓ Conectar todos los chasis individuales dentro del recinto (en particular los chasis deslizantes de funcionamiento eléctrico) que no estén integrados en la estructura del panel a la estructura mecánica, ya sea

Figura 20 Pagina 3 Documento Resultado

Autor:
Gerald Stiwen Cogaria Correa

Director:
M.Sc. Jesús A. Velazco Ochoa.



METODOLOGIA PARA LA PUESTA A TIERRA DEL EQUIPO DE INSTRUMENTACION Y DE CONTROL EN SUBESTACIONES GENERADORAS CON BASE A LA NORMA IEEE 1050-1996

Universidad de Pamplona- Facultad de Ingenierías y Arquitectura
Departamento EEST- Ingeniería eléctrica



Metodología para la Puesta a Tierra del Equipo de Instrumentación y de Control en Subestaciones Generadoras con base a la Norma IEEE 1050-1996

Página 4 de 12

mediante correas trenzadas, aisladas o cualquier otra forma de tierra intencional.

- ✓ Atar los puntos de tierra de seguridad individuales de los gabinetes ubicados de cerca, mecánicamente desintegrados, a un único punto de tierra común que está conectado a la alfombra de tierra de la estación.

3.3. Conexión a tierra de conductos y bandejas de cables

Algunas consideraciones importantes sobre la instalación se enumeran aquí para completarlas.

- ✓ Todos los conductos deben conectarse al sistema de tierra de la instalación, independientemente de si se utiliza para encerrar los circuitos de energía.
- ✓ Todas las uniones entre las secciones de los conductos, accesorios y cajas deben ser eléctricamente continuas.
- ✓ Todas las roscas de tubos y contratueras deben ser tratadas con un lubricante conductor antes de que sean enganchadas y apretadas.
- ✓ Las tuercas de conexión a tierra deben penetrar positivamente en toda la pintura u otros acabados no conductores.
- ✓ Todas las uniones que no sean intrínsecamente continuas deben ser unidas con puentes, de tamaño adecuado para los conductores contenidos en la bandeja de cables.
- ✓ Los tornillos de las placas de cubierta de las cajas de extracción, cajas de empalme y cajas de salida deben estar apretados.
- ✓ Todos los soportes de los conductos y los colgadores deben estar firmemente unidos al conducto y a los miembros estructurales a los que están unidos.
- ✓ Todos los sistemas de bandejas de cables deben ser eléctricamente continuos. Esto incluye soportes o colgadores.

3.4. Sistema de tierra de señales

El objetivo fundamental de un sistema de tierra de señales es crear un plano de tierra de referencia al que se conecten los equipos electrónicos de un área localizada.

Figura 21 Pagina 4 Documento Resultado

Autor:
Gerald Stiwen Cogaria Correa

Director:
M.Sc. Jesús A. Velazco Ochoa.



METODOLOGIA PARA LA PUESTA A TIERRA DEL EQUIPO DE INSTRUMENTACION Y DE CONTROL EN SUBESTACIONES GENERADORAS CON BASE A LA NORMA IEEE 1050-1996

Universidad de Pamplona- Facultad de Ingenierías y Arquitectura
Departamento EEST- Ingeniería eléctrica



Metodología para la Puesta a Tierra del Equipo de Instrumentación y de Control en Subestaciones Generadoras con base a la Norma IEEE 1050-1996

Página 5 de 12

- ✓ **Sistema terrestre de punto único**
 - Gabinetes en estrecha proximidad
 - Gabinetes que están ampliamente separados
- ✓ **Sistema terrestre de puntos múltiples**
- ✓ **Sistema de tierra flotante**

3.5. Puesta a tierra de circuitos de control de baja frecuencia basada en la susceptibilidad

- ✓ Puesta a tierra de los circuitos de control de alta susceptibilidad
- ✓ Puesta a tierra de los circuitos de control de media susceptibilidad
- ✓ Puesta a tierra de los circuitos de control de baja susceptibilidad

4. Minimización Del Ruido

Las técnicas que se documentaran a continuación deben ser optimizadas en función al tipo de interferencia encontrada en el sistema. Ya que cada una de ellas está enfocada a reducir un mecanismo de acoplamiento específico.

4.1. Acoplamiento de impedancia Común.

Si se desea minimizar el ruido mediante este método se debe:

- ✓ Eliminar tantos puntos de impedancia comunes entre los circuitos como sea posible, no utilizando ningún conductor como parte de más de un circuito.
- ✓ Haga las conexiones a tierra tan cortas como sea posible. Para altas frecuencias, el cortocircuito es del orden de 1 m y la conexión se haría a la tierra de referencia de la señal. Para bajas frecuencias, el cortocircuito es del orden de 100 m y se haría a la tierra de un solo punto.
- ✓ Reducir la resistencia e impedancia de los conductores de tierra. Para los circuitos de alta frecuencia, la impedancia es importante sólo cuando es parte del circuito.

Figura 22 Pagina 5 Documento Resultado

Autor:
Gerald Stiwén Cogaria Correa

Director:
M.Sc. Jesús A. Velazco Ochoa.



METODOLOGIA PARA LA PUESTA A TIERRA DEL EQUIPO DE INSTRUMENTACION Y DE CONTROL EN SUBESTACIONES GENERADORAS CON BASE A LA NORMA IEEE 1050-1996

Universidad de Pamplona- Facultad de Ingenierías y Arquitectura
Departamento EEST- Ingeniería eléctrica



Metodología para la Puesta a Tierra del Equipo de Instrumentación y de Control en Subestaciones Generadoras con base a la Norma IEEE 1050-1996

Página 6 de 12

4.2. Acoplamiento Capacitivo

Las técnicas de minimización para el acoplamiento capacitivo son las siguientes:

- ✓ Reducir la impedancia del circuito sensible.
- ✓ Coloque y conecte los escudos conductores de manera que las corrientes de ruido acopladas capacitivamente sean devueltas a la tierra sin pasar por las líneas de señal. Los escudos capacitivos deben encerrar adecuadamente los circuitos de señal y estar construidos con un material de baja impedancia para proporcionar un camino alternativo de derivación para la corriente de ruido.
- ✓ Circuitos de control de ruta para minimizar el acoplamiento (por ejemplo, la separación física y los cruces en ángulo recto).
- ✓ Especificar los transformadores que tienen escudos capacitivos entre los bobinados primarios y secundarios.

4.3. Acoplamiento Inductivo

Las técnicas de minimización del acoplamiento inductivo son las siguientes:

- ✓ Aumentar la impedancia del circuito sensible.
- ✓ Desvía los campos magnéticos mediante un blindaje con material de baja resistencia.
- ✓ Repele los campos magnéticos mediante un blindaje con material de alta permeabilidad.
- ✓ Circuitos de control de ruta para minimizar el área de acoplamiento y de bucle (por ejemplo, separación física, cruce en ángulo recto, enrutamiento radial, torsión de pares de señales).
- ✓ En las áreas de interferencia de alta frecuencia, use cables apantallados longitudinalmente.
- ✓ Aumenta el tiempo de subida de la señal.

4.4. Acoplamiento Radioactivo

Las técnicas de minimización del acoplamiento radioactivo son las siguientes:

- ✓ Absorber los campos radiados usando un escudo dieléctrico o magnético con pérdida.

Figura 23 Pagina 6 Documento Resultado

Autor:
Gerald Stiwen Cogaria Correa

Director:
M.Sc. Jesús A. Velazco Ochoa.



METODOLOGIA PARA LA PUESTA A TIERRA DEL EQUIPO DE INSTRUMENTACION Y DE CONTROL EN SUBESTACIONES GENERADORAS CON BASE A LA NORMA IEEE 1050-1996

Universidad de Pamplona- Facultad de Ingenierías y Arquitectura

Departamento EEST- Ingeniería eléctrica



Metodología para la Puesta a Tierra del Equipo de Instrumentación y de Control en Subestaciones Generadoras con base a la Norma IEEE 1050-1996

Página 7 de 12

- ✓ Reflejar los campos radiados usando escudos metálicos.
- ✓ Separa el emisor y el receptor por la máxima distancia posible ya que la fuerza de campo es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia.
- ✓ Diseñe las aberturas de los gabinetes con respecto a las técnicas de Blindaje de equipos electrónicos.

4.5. Técnicas de rechazo del modo común

El ruido del modo común puede ser producido por cualquiera de los cuatro métodos de acoplamiento anteriores. Dado que el ruido de modo común a menudo se convierte en ruido de modo diferencial, el ruido de modo común es la fuente más frecuente de problemas dentro de los circuitos de control. A continuación, se describen varias técnicas que son útiles para reducir al mínimo el ruido en modo común:

- ✓ Haga el circuito de señal simétrico usando un transductor balanceado y líneas de señal idénticas.
- ✓ Maximizar las impedancias de acoplamiento del modo común por:
 - Aumentando la separación física entre el emisor y el receptor.
 - Minimizando el número de conexiones directas a la fuente de interferencia.
- ✓ Usar técnicas de blindaje para evitar que la interferencia llegue a los circuitos sensibles.
- ✓ Usar dispositivos de rechazo de modo común, es decir,
 - Ampliaciones diferenciales
 - Transformadores de aislamiento
 - Aisladores ópticos
- ✓ Aplicar los conceptos de conexión a tierra de un solo punto y de conexión a tierra de flotante, evitando los esquemas de conexión a tierra de múltiples puntos. Esto puede ser difícil de lograr en un sistema extenso.

Figura 24 Pagina 7 Documento Resultado

Autor:
Gerald Stiwen Cogaria Correa

Director:
M.Sc. Jesús A. Velazco Ochoa.



METODOLOGIA PARA LA PUESTA A TIERRA DEL EQUIPO DE INSTRUMENTACION Y DE CONTROL EN SUBESTACIONES GENERADORAS CON BASE A LA NORMA IEEE 1050-1996

Universidad de Pamplona- Facultad de Ingenierías y Arquitectura
Departamento EEST- Ingeniería eléctrica



Metodología para la Puesta a Tierra del Equipo de Instrumentación y de Control en Subestaciones Generadoras con base a la Norma IEEE 1050-1996

Página 8 de 12

5. Consideraciones del Blindaje de Cables

La conexión de los conductores de repuesto en un cable a tierra en ambos extremos reduce la cantidad de acoplamiento de alta frecuencia. En los cables de control de múltiples conductores, sin embargo, tal procedimiento también puede aumentar el nivel de interferencia de 60 Hz de los bucles de tierra.

Si los cables de control se colocan en una zanja de cables, se puede proporcionar un blindaje adicional de baja frecuencia de los cables mediante la ejecución de un conductor de rejilla de tierra 4/0 ya sea dentro o en la parte superior de la zanja.

En áreas de tensión extremadamente alta 34.5 kV y superiores, se es necesario proteger todos los cables de alimentación, como la iluminación del patio y el servicio de estación de 120 V, como resultado de problemas de funcionamiento causados por transitorios de alta frecuencia que se propagan a lo largo de estos cables.

5.1 Aplicación de métodos de puesta a tierra del escudo de cables

Se requiere la puesta a tierra de la computadora y los equipos de Instrumentación y Control para la seguridad y la fiabilidad. Aunque la seguridad tiene la máxima prioridad, el ordenador y el sistema multiplexado deben ser simultáneamente seguros y operativamente fiables.

- ✓ Terreno de un solo punto
 - Protege el equipo del ruido de frecuencia relativamente baja en un sistema de puesta a tierra de la estación generadora.
 - Sólo es económico para situaciones en las que hay una alta densidad de equipos electrónicos, como en las salas de equipos de control.
- ✓ Terreno de varios puntos
 - Este concepto protege el equipo de interferencias relativamente de alta frecuencia.
 - Este sistema es generalmente más fácil de lograr que la puesta a tierra de un solo punto.
 - El uso de puesta a tierra de múltiples puntos con conductores cortos parece ser el método más fiable y simple para hacer frente a señales de más de 300 kHz de frecuencia.
 - El sistema de múltiples puntos debe utilizarse en sistemas en los que se espera interferencia de alta frecuencia.
 - La aplicación práctica es utilizar el chasis del equipo como referencia de señal. A continuación, el chasis se conecta a la caja del equipo y al suelo del equipo con un gran número de conexiones.

Figura 25 Pagina 8 Documento Resultado

Autor:
Gerald Stiwen Cogaria Correa

Director:
M.Sc. Jesús A. Velazco Ochoa.



METODOLOGIA PARA LA PUESTA A TIERRA DEL EQUIPO DE INSTRUMENTACION Y DE CONTROL EN SUBESTACIONES GENERADORAS CON BASE A LA NORMA IEEE 1050-1996

Universidad de Pamplona- Facultad de Ingenierías y Arquitectura

Departamento EEST- Ingeniería eléctrica



Metodología para la Puesta a Tierra del Equipo de Instrumentación y de Control en Subestaciones Generadoras con base a la Norma IEEE 1050-1996

Página 9 de 12

- ✓ Terreno flotante
 - Es difícil de lograr en la práctica y se encontrará comúnmente sólo en subsistemas. Debido a que los subsistemas de operación representan un peligro para la seguridad, todos los que se suministran con el equipo suministrado por el proveedor deben estar contenidos dentro de un gabinete conectado a tierra.

5.2 Requisitos generales para la puesta a tierra del bucle de control

- ✓ Los bucles de control no asociados con el control digital directo o los sistemas basados en computadoras requieren conexiones de tierra eficaces para la seguridad, la minimización del ruido y para el establecimiento de tensión de referencia.
- ✓ La puesta a tierra del bucle de control se puede clasificar en dos grupos: tierra local y tierra de salida.
- ✓ El escudo del cable debe estar conectado a tierra en el punto de máxima capacitancia entre el escudo y la referencia del circuito. Esto reduce la posibilidad de crear un bucle de tierra a través de la capacitancia, al mismo tiempo que minimiza la corriente de carga y el ruido de modo común resultante que se puede producir.

5.2.1 Terreno local

- ✓ Los instrumentos que tienen conexiones conectadas a tierra deben tener sus escudos de cable conectados a tierra lo más cerca posible del suelo del instrumento.
- ✓ Los termopares, los detectores de temperatura de la resistencia y otros instrumentos que tengan entradas conectadas a tierra deben estar conectados a tierra de esta manera.
- ✓ La continuidad del escudo debe mantenerse desde la conexión del sensor al receptor, y el escudo debe aislarse del suelo, excepto en el punto de máxima capacitancia, que suele ser la fuente de señal.

5.2.2 Terreno Flotante

- ✓ Las señales que no están conectadas a tierra, es decir, que no se conecten deben tener sus escudos de cable conectados a tierra lo más cerca posible de la fuente.
- ✓ Los transmisores, los amplificadores de aislamiento y todas las entradas sin conexión a tierra deben tener sus escudos de cable conectados a tierra.

Figura 26 Pagina 9 Documento Resultado

Autor:
Gerald Stiwen Cogaria Correa

Director:
M.Sc. Jesús A. Velazco Ochoa.



METODOLOGIA PARA LA PUESTA A TIERRA DEL EQUIPO DE INSTRUMENTACION Y DE CONTROL EN SUBESTACIONES GENERADORAS CON BASE A LA NORMA IEEE 1050-1996

Universidad de Pamplona- Facultad de Ingenierías y Arquitectura
Departamento EEST- Ingeniería eléctrica



Metodología para la Puesta a Tierra del Equipo de Instrumentación y de Control en Subestaciones Generadoras con base a la Norma IEEE 1050-1996

Página 10 de 12

5.3 Terreno flotante para comunicaciones digitales en un sistema distribuido

Los amplificadores diferenciales, los controladores y los receptores están diseñados para funcionar con dos potenciales de referencia de puesta a tierra.

Deben tenerse en cuenta los siguientes puntos:

- ✓ El escudo debe estar conectado a tierra en el punto de máxima capacitancia para evitar que se forme un bucle de tierra entre la conexión del escudo a tierra y la capacitancia perdida. Este punto de máxima capacitancia es a menudo la fuente de señal.
- ✓ Cuando ambos lados están conectados a tierra a diferentes puntos de referencia, hay dos conductores independientes, y los circuitos diferenciales del transmisor y del receptor deben ser clasificados para soportar la diferencia en el nivel de voltaje entre ambos puntos de referencia, a menos que un transformador sea el único dispositivo de acoplamiento utilizado.

Figura 27 Pagina 10 Documento Resultado

Autor:
Gerald Stiwen Cogaria Correa

Director:
M.Sc. Jesús A. Velazco Ochoa.



METODOLOGIA PARA LA PUESTA A TIERRA DEL EQUIPO DE INSTRUMENTACION Y DE CONTROL EN SUBESTACIONES GENERADORAS CON BASE A LA NORMA IEEE 1050-1996

Universidad de Pamplona- Facultad de Ingenierías y Arquitectura
Departamento EEST- Ingeniería eléctrica

ITEM	DETALLE	MARQUE SI APLICA
	UNIVERSIDAD DE PAMPLONA SEDE DE VILLA DEL ROSARIO	
	LISTA DE CHEQUEO METODOLOGIA CON BASE EN LA NORMA IEEE 1050-1996	
	1. CRITERIOS DE DISEÑO	
	2. CONEXIONES A TIERRA DEL SISTEMA	
	3. TECNICAS DE MINIMIZACION DEL RUIDO SEGÚN TIPO DE ACOPLA	
4. BLINDAJE DE CABLES		
1.1 Criterios Basicos	Se cumplen los principales objetivos para el diseño de la puesta a tierra segun la norma los cuales son: - Mantener voltajes seguros en el área de la estación durante los transitorios del sistema de alto voltaje (potenciales de paso y contacto). - Minimizar los efectos de las sobretensiones de los rayos en el equipo y las estructuras. - Proporcionar una ruta de retorno de la corriente de falla de tierra de baja impedancia. - Proporcionar una vía de fuga de baja impedancia para cualquier carga estática que pueda acumularse en el equipo. - Minimizar las interferencias de ruido en los sistemas de instrumentación proporcionando una referencia de señal común de baja impedancia relativa entre dispositivos, circuitos y sistemas completos.	
1.2 Fuentes de ruido	Identificación de las fuente de ruido presentes en los equipos de Instrumentacion y Control en la subestacion	
1.3 Blindaje del Cable	Se cumplen los requisitos para el Blindaje de los Cables	
2.1 Conexiones a tierra	Indique que tipos de conexiones se usaron o se diseñaron para la subestacion	
	Sistema de punto unico/ Gabinetes en estrecha Proximidad	
	Sistema de punto unico/ Gabinetes ampliamente separados	
	Sistema Terrestre de Puntos Multiples	
2.2 Conductos y Bandejas de los Cables	Se deben considerar Cuidadosamente las conexiones a tierra de Conductos y Bandejas de Cables	
2.3 Terrenos de Seguridad	Asegurese de que se cumplan los requisitos a la hora del diseño para el terreno de seguridad	
2.4 Blindajes y Conexiones para la puesta a tierra de circuitos de baja frecuencia	Para Circuitos de control de Alta Susceptibilidad: • Cableado Individualmente Retorcido y Blindado • Apantallados y conectados a tierra en el extremo de la fuente • Escudos individuales puestos a tierra por separado	
	Para Circuitos de control de Media Susceptibilidad • Cableado Individualmente Retorcido y apantallado • No se requieren ser instalados en un conducto	
	Para Circuitos de baja Susceptibilidad • Cableado de extensión de pares trenzados individualmente con blindaje general (uno por cable)	
3.1 Tecnicas de minimizacion del ruido	Se deben considerar Cuidadosamente los metodos de minimizacion del ruido presentes en la Norma	
3.2 Metodos de Acoplamiento	Indique que tipo de acoplamiento se tendra en cuenta para la minimizacion del ruido	
	Acoplamiento de impedancia Común.	
	Acoplamiento Capacitivo	
	Acoplamiento Inductivo	
	Acoplamiento Radioactivo	
4.1 Consideraciones del Blindaje de Cables	Técnicas de rechazo del modo común	
	Considerar los requisitos generales de la puesta a tierra del bucle de control Se Aplicaron los metodos de puesta a tierra del blindaje de los cables: Terreno de un solo punto , Terreno de varios Puntos, Terreno Flotante	

Figura 28 Lista de Chequeo

Autor:
Gerald Stiwén Cogaria Correa

Director:
M.Sc. Jesús A. Velazco Ochoa.



METODOLOGIA PARA LA PUESTA A TIERRA DEL EQUIPO DE INSTRUMENTACION Y DE CONTROL EN SUBESTACIONES GENERADORAS CON BASE A LA NORMA IEEE 1050-1996

Universidad de Pamplona- Facultad de Ingenierías y Arquitectura
Departamento EEST- Ingeniería eléctrica

Capítulo 8 Conclusiones

Con la elaboración de este trabajo se hizo un extenso análisis a la norma IEEE 1050-1996, con una completa revisión de esta literatura especializada en el diseño de la puesta a tierra para subestaciones generadoras.

Este trabajo se enfocó en la realización de una metodología con las pautas, lineamientos, consideraciones y tipos de técnicas para la minimización del ruido, los objetivos de la conexión del sistema de puesta a tierra y los blindajes de los cables requeridos. Que permita al personal encargado del diseño, estudio o supervisión una mayor facilidad de los criterios a tener en cuenta.

Para esto en el presente trabajo se logró sintetizar toda esta información que nos presenta la norma en sus capítulos.

Finalmente se determinaron las características y pautas que se deben tener en cuenta al momento de aplicar una técnica de minimización del ruido, un tipo de conexión a la tierra del sistema y los blindajes de los cables de los equipos en la subestación. Estos se presentan en el documento resultado del análisis y revisión de la norma.

Autor:
Gerald Stiwen Cogaria Correa

Director:
M.Sc. Jesús A. Velazco Ochoa.



METODOLOGIA PARA LA PUESTA A TIERRA DEL EQUIPO DE INSTRUMENTACION Y DE CONTROL EN SUBESTACIONES GENERADORAS CON BASE A LA NORMA IEEE 1050-1996

Universidad de Pamplona- Facultad de Ingenierías y Arquitectura

Departamento EEST- Ingeniería eléctrica

Capítulo 9 Recomendaciones y Trabajos Futuros

Se recomienda trabajar el documento en conjunto con la Norma IEEE 1050-1996 para un mayor detalle de las pautas y consideraciones de igual manera para trabajos futuros tener en cuenta que al ser una Norma esta se está actualizando cada cierto periodo de tiempo.

Autor:
Gerald Stiwen Cogaria Correa

Director:
M.Sc. Jesús A. Velazco Ochoa.



METODOLOGIA PARA LA PUESTA A TIERRA DEL EQUIPO DE INSTRUMENTACION Y DE CONTROL EN SUBESTACIONES GENERADORAS CON BASE A LA NORMA IEEE 1050-1996

Universidad de Pamplona- Facultad de Ingenierías y Arquitectura
Departamento EEST- Ingeniería eléctrica

Lista de referencias

- [1] K. Madhusoodanan, “Hybrid I & C Grounding in PFBR,” vol. 5, no. 10, pp. 72–79, 2014.
- [2] D. J. Love, “Ground fault protection for electric utility generating station medium voltage auxiliary power systems,” *Bechtel Power Corp.*, vol. 1, no. 2, pp. 583–586, 1978.
- [3] M. O. Durham, “Grounding system design for isolated locations and plant systems,” *IEEE Trans. Ind. Appl.*, vol. 33, no. 2, pp. 374–382, 1997, doi: 10.1109/28.567998.
- [4] F. H. Pérez, “IEEE (Instituto de Ingenieros en Electrónica y Electricidad).” <http://huttab-ieee.blogspot.com/> (accessed Nov. 08, 2020).
- [5] Twenergy, “Subestaciones eléctricas: ¿qué son y para qué sirven?,” *31 octubre*, 2019. <https://twenergy.com/energia/energia-electrica/que-son-las-subestaciones-electricas/> (accessed Nov. 18, 2020).
- [6] Twenergy, “¿Qué son las subestaciones eléctricas y para qué sirven?,” *31 octubre*, 2019. .
- [7] E. Harper, “Elementos Diseño de subestaciones Electricas.” Limusa Noriega Editores, Mexico.
- [8] D. S. G. ALMACHI, “DISEÑO ELÉCTRICO DE LA SUBESTACIÓN ZUMBAHUA 69/13,8 kV PARA LA EMPRESA ELÉCTRICA PROVINCIAL DE COTOPAXI ELEPCO S.A.,” ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL FACULTAD, 2018.
- [9] E. Ingeniería, “Sistema de Puesta a Tierra,” *mayo 11*, 2018. <https://www.elsiscomingenieria.com/single-post/2018/05/02/Sistema-de-Puesta-a-Tierra> (accessed Nov. 18, 2020).
- [10] S. Martinez, “Sistema de puesta a tierra: DEFINICIONES,” *sistemapuestatierra.blogspot.com*, 2019. <http://sistemapuestatierra.blogspot.com/2009/07/definiciones.html> (accessed Nov. 19, 2020).
- [11] G. E. Oil, “Requisitos de conexión a tierra para estudios de casos de ruido e instrumentación de maquinaria,” pp. 1–10.
- [12] D. R. Long, “Donald R. Long MTL, incorporado 7227 Kings Arm Drive Manassas, VA 20112.”
- [13] E. Development and P. G. Committee, *IEEE Guide for Instrumentation Control Equipment Grounding in Generating Stations*. 1996.

Autor:

Gerald Stiwen Cogaria Correa

Director:

M.Sc. Jesús A. Velazco Ochoa.