
Cronograma y Trabajo a desarrollar en el Ciclo.

Viernes 14 de mayo de 18 hs. a 20 hs.:

- Presentación de RE – IEEE de la UNSJ.
- 1° Conferencista – Ing. Domingo Pontoriero
 - **Compensación dinámica de sistemas eléctricos de potencia con incorporación de suministro fotovoltaico.**
- 2° Conferencista – Ing. Marcelo Molina.
 - **Regulación primaria de frecuencia de sistemas eléctricos aplicando dispositivos electrónicos de potencia y almacenadores de energía.**
- 3° Conferencista – Federico Corteggiano.
 - **Control total de flujos de potencia en un sistema de transmisión utilizando mínima cantidad de dispositivos FACTS.**

Viernes 21 de mayo de 18 hs. a 20 hs.:

- 1° Conferencista – Ing. Omar Fajardo.
 - **Radialización óptima de redes de distribución primarias con alimentación alternativa multipunto y multicosto.**
- 2° Conferencista – Ing. Miguel Figueroa.
 - **Esquema de protección del sistema de distribución de media tensión con generación distribuida: Reconexión automática de alta velocidad.**
- 3° Conferencista – Ing. Julio Romero.
 - **Identificación de la configuración operativa de redes de distribución radiales de media tensión utilizando técnicas basadas en lógica fuzzy.**

Viernes 28 de mayo de 18 hs. a 20 hs.:

- 1° Conferencista – Ing. Benjamín Serrano
 - **Despacho óptimo de muy corto plazo en mercados eléctricos competitivos. Consideración del control de tensiones.**
- 2° Conferencista – Ing. Wilfredo Sifuentes
 - **Despacho económico activo-reactivo de corto plazo multiembalse multinodal . Aplicación de técnicas de descomposición.**
- 3° Conferencista – Ing. Rodolfo Reta.

- **Metodologías y Normativas para la Identificación de Beneficiarios de Ampliaciones de Transporte en Mercados Abiertos de Energía Eléctrica.**
- 4° Conferencista –Ing. Nader Zolfagharian
 - **Portfolio Management for the Demand in Electricity Power Markets to Assess Financial and Physical Risks**

Viernes 04 de junio de 18 hs. a 20 hs:

- 1° Conferencista – Ing. Rodolfo Rosés.
 - **Estrategias de restauración de carga en sistemas regionales.**
- 2° Conferencista – Ing. Carlos Aguilera
 - **Protección basada en componentes de alta frecuencia aplicadas a líneas con compensación serie.**
- 3° Conferencista – Ing. Angélica Delgadillo.
 - **Metodología para la evaluación y control del estado de operación en hornos de arco sumergido.**
- 4° Conferencista – Ing. Camilo Cortés.
 - **Investigaciones relativas a la medición y procesamiento de señal en el proceso de determinación de campos magnéticos debidos a corrientes sinusoidales y no sinusoidales en el rango de frecuencia de 3 Hz a 30 kHz.**

Disertante y Resumen a desarrollar en el Ciclo.

Viernes 14 de mayo

Ing. Domingo Pontoriero

Título:

“Compensación dinámica de sistemas eléctricos de potencia con incorporación de suministro fotovoltaico”

Resumen:

La tecnología fotovoltaica (FV) ha alcanzado en la actualidad un grado de madurez suficiente para ser considerada una alternativa válida de suministro de energía eléctrica. Las aplicaciones más difundidas se han dado en sistemas aislados (electrificación rural, bombeo de agua, etc.), aunque también se han realizado conexiones a redes de distribución de energía.

En Argentina, donde en gran parte del territorio nacional el recurso solar es muy bueno, existe un gran margen de la población (alrededor de 4 millones de habitantes) que no poseen energía eléctrica y tienen escasas posibilidades de ser alimentadas por la red interconectada nacional en un corto o mediano plazo. Existen, además, una gran cantidad de poblaciones pequeñas y medianas que están siendo provistas por sistemas térmicos de generación que distribuyen la energía a poblaciones cercanas, constituyéndose sistemas (mini-redes) aislados que proveen energía a alrededor de 25.000 habitantes o a través de sistemas de distribución con líneas muy extensas, poco malladas con grandes pérdidas.

Por otra parte existe un grave problema en la calidad de la energía suministrada por estas mini-redes o sistemas de distribución, debido a que son líneas de distribución con grandes potencias reactivas, generación de armónicos de corriente y tensión y bajos factores de potencia, que inciden en grandes pérdidas de generación, transmisión y distribución de la energía, elevados costos de operación y mantenimiento y mala calidad en el servicio. Esta calidad del servicio se puede mejorar a través de Filtros Activos de Potencia (FAP).

La propuesta que se presenta está dirigida a brindar una solución factible para ser considerada en los planes de expansión de sistemas aislados o alejados de los grandes centros de generación eléctrica, en especial en lugares con buen recurso solar, cumpliendo con una doble finalidad de aportar potencia activa y mejorar la calidad del servicio reduciendo costos y pérdidas eléctricas, a través de la interconexión de sistemas FV a un FAP con una simplificación del sistema eléctrico de potencia requerido.

Viernes 14 de mayo

Ing. Marcelo Molina

Título:

“Regulación primaria de frecuencia de sistemas eléctricos aplicando dispositivos electrónicos de potencia y almacenadores de energía”

Resumen:

La seguridad de operación, ante eventuales fallas de bloques generadores estará dada por el mantenimiento de suficiente “reserva de generación de corto alcance”. Esta reserva debe ser activada adecuadamente a través de la regulación primaria de frecuencia (RPF) para mantener la frecuencia durante el transitorio por encima del mínimo admisible y evitar así el colapso del sistema. Debido a que la generación es un proceso electromecánico, la controlabilidad de la reserva para regulación primaria no es tan rápida como se requiere, especialmente por los sistemas de potencia modernos. Esto conduce a la necesidad de mejorar el desempeño de la RPF. En esta dirección, se han realizado nuevos

adelantos sobre los métodos convencionales, pero no han sido suficientes para satisfacer los altos requerimientos establecidos, a partir de lo cual surge la necesidad de encontrar soluciones más efectivas. Hoy en día, los nuevos sistemas de almacenamiento de energía eléctrica son una alternativa posible y realizable para almacenar energía en momentos en que existe exceso de generación, para utilizarla en reemplazo de la reserva para regulación primaria. En este sentido, es posible combinar estos nuevos sistemas de almacenamiento de energía eléctrica con controladores FACTS basados en convertidores de potencia. Esto permite un intercambio efectivo de potencia activa con la red eléctrica y participar de este modo en la RPF. En el presente trabajo se propone un esquema de RPF basado en la incorporación de un Compensador Sincrónico Estático o STATCOM acoplado con Almacenamiento Magnético con Superconductores o dispositivos SMES. Además, se demuestra el muy bueno desempeño de la metodología propuesta y se presentan los modelos detallados y algoritmos de control del sistema combinado STATCOM/SMES.

Viernes 14 de mayo

Ing. Federico Corteggiano

Título:

“Control total de flujos de potencia en un sistema de transmisión utilizando mínima cantidad de dispositivos FACTS”

Resumen:

Un sistema de suministro de energía eléctrica debe proveer la energía generada por determinados actores a distintos consumidores a través de un medio de transporte seguro y confiable, en cantidad y calidad convenidas. En un mercado de competencia perfecta esta energía debe entregarse al menor precio posible. Sin embargo existe una restricción importante al momento de establecer un mercado eléctrico ideal, la red de transmisión. Esta impone un operador monopólico natural en el mercado imposibilitando la transacción libre de energía entre los oferentes y demandantes, formando precios y quitando competitividad a determinados generadores o consumidores por encontrarse en zonas desfavorables. Esta imposición se debe principalmente a tres factores, primero la propia naturaleza de las líneas de transmisión que restringe la circulación de corrientes superiores a las permitidas por el límite térmico de sus conductores, segundo, por razones de estabilidad, y tercero, por las restricciones a los flujos de potencias impuestas por las reactancias. Colocando en cada línea del sistema un dispositivo FACTS es posible quitar esta última restricción controlando la reactancia sobre cada línea y logrando el control total de los flujos de potencia. Controlar cada línea de esta manera es económicamente

inviabile por lo que se hace necesario determinar que líneas deberían ser controladas para lograr el control total. Analizando la controlabilidad del modelo linealizado de un sistema de potencia es posible determinar que variables de estado del sistema necesitan ser controladas. Estos cambios son luego implementados con dispositivos FACTS adecuados a cada requerimiento de control.

Viernes 21 de mayo

Ing. Omar Fajardo

Título:

“Radialización óptima de redes de distribución primarias con alimentación alternativa multipunto y multicosto”

Resumen

La tendencia mundial hacia las estructuras de mercado eléctrico horizontalmente integrado han generado condiciones de competencia en actividades que tradicionalmente habían sido monopólicas.

En este contexto se abre un abanico de posibilidades para el desarrollo de la competencia de la generación a nivel de la red de distribución. Este desarrollo se ha visto potenciado en los principales mercados eléctricos del mundo por circunstancias especiales tales como:

- ❖ Altos costos de peaje en las redes de transmisión,
- ❖ Mejoramiento de la eficiencia de pequeñas unidades generadoras y disminución de sus costos de instalación,
- ❖ Políticas ambientales que favorecen la sustitución de generación a base de combustibles fósiles por generación verde; y
- ❖ Nuevas filosofías de operación de redes de media tensión (MT) que buscan aprovechar la generación distribuida (GD) para mejorar la calidad del servicio.

El fenómeno de la penetración de la GD está desplazando el modelo tradicional de gestión de la energía en el que el MEM abastece la totalidad de la demanda de la distribuidora a través de uno o varios nodos de compra a un único precio, por un modelo competitivo en el que la distribuidora, los comercializadores o los clientes finales pueden comprar alternativamente la energía en el MEM y/o con los generadores conectados a la red de distribución en dos o mas nodos a precios significativamente diferentes. A estos sistemas se les llama sistemas de distribución con Alimentación Alternativa Multipunto y Multicosto (AAMM).

Ante un escenario de libre oferta de precios, las configuraciones topológicas de los SDEE

consideradas como operativamente óptimas según los criterios tradicionales de reconfiguración (mínimas pérdidas, balanceo de cargas), no necesariamente serán económicamente convenientes. Esta realidad está llevando a analizar el impacto de los costos de la generación sobre los diferentes aspectos de la programación de la operación de la red de distribución. El presente trabajo está enfocado particularmente en analizar el impacto del precio de la energía en la configuración operativa de redes de distribución de MT tipo AAMM.

Viernes 21 de mayo

Ing. Miguel Figueroa

Título:

“Esquema de protección del sistema de distribución de media tensión con generación distribuida: Reconexión automática de alta velocidad”

Resumen:

Los sistemas de potencia están experimentando cambios debido a: aspectos regulativos mercados eléctricos, avances tecnológicos, y por restricciones geográficas y ambientales. Y dentro de las nuevas tendencias en los sistemas de distribución de energía eléctrica (SDEE) es el renovado interés y crecimiento en la incorporación de unidades de generación denominada Generación Distribuida (GD). Una de las principales ventajas de que la GD puede ser ubicada cerca de la carga que sirve, tal que pueden eliminarse mucho de las necesidades de infraestructuras de transmisión y distribución. Pero la interconexión de GD puede aumentar aún más la complejidad en las tareas de planificación, control, protección y mantenimiento de los SDEE. Después de la introducción de GD parte del sistema podría no ser radial, pasando la red de distribución de una naturaleza pasiva a una activa, por lo que el sistema de protección se aproximaría a los propios de las redes de transmisión, surgiendo nuevos conceptos en el área de distribución como lo es el tema de estabilidad.

Muchas de las fallas en una red de distribución son de naturaleza transitoria y monofásicas siendo los equipos reconectores muy usados para mejorar la continuidad del suministro. Las operaciones de reconexión automática convencionales y algunos tipos de GD son fundamentalmente incompatibles, y la masiva desconexión de gran contingente de GD ante fallas transitorias en la red sería de forma innecesaria socavando muchos de los potenciales beneficios de la GD.

Se persigue en este proyecto analizar el esquema de reconexión automática en la red de

MT considerando GD. Se expone un panorama general sobre problemática del tema de protecciones encontrada en los SDEE con GD e introduciéndose a la vez al problema específico, todo como producto de una amplia revisión de la literatura, soluciones aportadas hasta la fecha, fundamentos de importancia y la motivación de este trabajo de investigación.

Viernes 21 de mayo

Ing. Julio Romero

Título:

“Identificación de la configuración operativa de redes de distribución radiales de media tensión utilizando técnicas basadas en lógica fuzzy”

Resumen:

Como una consecuencia de la desregulación de los mercados eléctricos, la distribuidoras latinoamericanas se enfrentan a un ambiente crecientemente competitivo. En este contexto uno de sus principales objetivos es satisfacer los requerimientos impuestos por las regulaciones de calidad de servicio, específicamente los referidos a la frecuencia y duración de las interrupciones. Debido a las características de los sistemas de distribución, sus costos asociados y la existencia de variables incontrolables (e.g., clima) no es posible garantizar un servicio sin interrupciones. Sin embargo si es factible desarrollar metodologías que permitan ubicar estas interrupciones en un tiempo relativamente corto y de esta manera reduzcan el riesgo de violación de los límites de calidad establecidos.

Viernes 28 de mayo

Ing. Benjamín Serrano

Título:

“Despacho óptimo de muy corto plazo en mercados eléctricos competitivos. Consideración del control de tensiones”

Resumen:

Este trabajo tiene por objetivo desarrollar un modelo y su correspondiente metodología de cálculo para determinar las acciones que se deben tomar en centros de control, con la finalidad de optimizar el despacho hidrotérmico de muy corto plazo. El horizonte temporal considerado en este cálculo es de algunas horas hasta un día como máximo, con una discretización temporal de 15 o 30 minutos. En este modelo se han tenido en cuenta en forma específica los aspectos vinculados con el control de tensión y el despacho de

potencia reactiva. El criterio de optimización utilizado considera aspectos económicos y de seguridad preventiva, desde el punto de vista de las perturbaciones de tensión.

El modelo que está siendo desarrollado se basa en el cálculo desacoplado de los problemas de potencia activa y reactiva. En el caso de la potencia activa, se ha utilizando un modelo basado en Programación Lineal, el cual persigue como objetivo el mínimo apartamiento del estado de operación óptimo previamente calculado. Este estado es el resultado de una etapa de optimización jerárquicamente superior, en la cual se han minimizado los costos de operación de las centrales despachadas.

Para la solución del problema vinculado con la potencia reactiva se han considerado los objetivos de minimización de pérdidas activas y de la distribución selectiva de las reservas de potencia reactiva, contribuyendo de esta manera con los criterios económicos y de seguridad preventiva. La modelación de este problema se ha estructurado en dos etapas secuenciales, utilizando en cada caso Programación Cuadrática (QP). La primera de ellas utiliza los generadores como elementos de control, por su fácil disponibilidad y su rápida respuesta. En esta etapa del problema de optimización se utiliza una función multiobjetivo, la cual considera ambos criterios mencionados, ponderados apropiadamente. En la segunda etapa el control se efectúa sobre la posibilidad de regulación bajo carga de los transformadores de interconexión, considerando como función objetivo solamente la minimización de pérdidas.

Con la finalidad de evaluar los alcances y limitaciones del modelo y metodología de cálculo, se han seleccionado redes eléctricas reales de diferentes tamaño y características topológicas, considerando además distintos escenarios de operación. Entre estas redes se puede mencionar la correspondiente al Sistema Argentino de Interconexión (SADI).

Los resultados obtenidos con la aplicación del modelo han sido altamente satisfactorios, lo cual ha justificado su publicación en diferentes congresos y revistas internacionales.

Viernes 28 de mayo

Ing. Wilfredo Sifuentes

Título:

**“Despacho económico activo-reactivo de corto plazo multiembalse multinodal .
Aplicación de técnicas de descomposición”**

Resumen:

Se conoce como Coordinación Hidrotérmica de Corto Plazo al proceso de elaborar los programas de operación de un sistema interconectado, dicho proceso consiste en minimizar los costos de producción de la energía eléctrica sujeto a todas las restricciones

operativas del sistema y regulatorias del mercado. El horizonte de tiempo analizado es generalmente de 1 día a una semana.

En América Latina principalmente en los últimos 10-15 años, la mayoría de los países han convergido hacia mercados eléctricos competitivos basados en el despacho centralizado, habiéndose ampliado el espectro de las restricciones a considerar. Para los próximos 5-10 años se espera que los distintos mercados se interconecten internacionalmente y se produzcan importantes transferencias de potencia – energía lo que incorporará seguramente nuevas restricciones y condicionamiento al problema de la Coordinación Hidrotérmica.

Normalmente la red de transmisión no es considerada o se encuentra grandemente simplificada en la formulación del problema del planeamiento de corto plazo. Este trabajo presenta una metodología que permite tomar en cuenta una modelación AC de la red de transmisión incluyendo las interconexiones internacionales en la solución de este problema, modelación que permite tener en cuenta problemas como líneas altamente cargadas y bajos niveles de tensión en redes extensas y débilmente malladas típicas de la región sudamericana.

La Descomposición Generalizada de Benders es utilizada en la solución del presente problema, el Problema maestro determina los niveles de generación requeridos mientras que el subproblema controla el cumplimiento de los parámetros eléctricos mediante el empleo de un flujo óptimo.

Viernes 28 de mayo

Ing. Rodolfo Retta

Título:

“Metodologías y Normativas para la Identificación de Beneficiarios de Ampliaciones de Transporte en Mercados Abiertos de Energía Eléctrica”

Resumen:

El libre acceso a la red de transporte es uno de los pilares de los Mercados Abiertos de Energía Eléctrica, ya que sin esta premisa no es viable la formación de un mercado competitivo. Para garantizar un acceso libre e indiscriminado a la red es necesario contar con mecanismos para el pago de peaje que permitan que el operador de la red recupere sus costos y obtenga un nivel de ganancia adecuada, y por otro lado que los pagos resulten justos y equitativos para los agentes que utilizan la red. La carencia de metodologías adecuadas para asignar los costos de red y en particular, los costos de expansión, ha

provocado en algunos mercados, que expansiones de red necesarias para atender adecuadamente a la demanda, no hayan sido realizadas o se hayan generado conflictos entre los agentes que deben solventar las inversiones.

En este trabajo se desarrolla una propuesta tendiente a asignar los costos de expansión de red entre los agentes de un mercado eléctrico y se desarrolla un marco normativo aplicable a las ampliaciones de transporte. La propuesta metodológica se basa en conceptos físicos y económicos que permiten identificar claramente a los beneficiarios de expansiones de la red de transporte, de manera que ellos se hagan cargo de los costos de expansión. Asimismo, se desarrollan normativas relativas a transacciones de importación y exportación, que permitan adaptar y aplicar la metodología desarrollada en expansiones de red destinadas a vincular distintos mercados de energía eléctrica. La metodología ha sido analizada simulando su comportamiento en sistemas reales. La misma resulta ser equitativa para los agentes y provee señales adecuadas que tienden a una expansión óptima de la red de transporte.

Viernes 28 de mayo

Ing. Nader Zolfagharian

Título:

“Portfolio Management for the Demand in Electricity Power Markets to Assess Financial and Physical Risks”

Resumen:

After the liberalization of the electricity power industry, the electricity prices have become more volatile and the system has operated with lower security margins. Both factors affect the future profit margin of market participants, making it more uncertain. Therefore, portfolio management has resulted into a necessary factor to identify and to define edging strategies according to desired risk/profit balance. In particular, for the demand side, spot and forward contracts from decentralized (Bilateral/Over the Counter) and centralized (Pools/Exchanges) market structures define the portfolio for the demand. The objective of this study is the selection of portfolios, which maximize profit, reduce uncertainty of future profits (financial risk), and improve security margins (physical risk) due to transmission constraints. Traditional portfolio management methodologies, developed for financial markets, have been readapted in order to include physical risks. The problem of portfolios statistically equivalent are also detected (portfolios with equal mean and variance). A sequential optimization model is presented, which combines mean-variance

analysis (mean-semivariance analysis) with a general risk analysis model for managing financial risk and physical risk. This model uses portfolio reliability and portfolio transfer capacity to take a more selective selection among portfolios statistically equivalents. The observation is that better statistically equivalent portfolios are possible to achieve because of the combination of weights of the portfolio. With this new methodology, the transmission system is explicitly considered in the optimization process for the physical risk. The prices of others commodities such as oil, gas, coal, and power indexes are explicitly considered in the selection process for the financial risk. The error estimation of covariance matrix and expected profits changes vector are analyzed. The James-Stein means estimator, and the first order autoregressive model for the covariance matrix estimation is incorporated in the model. As results, this thesis proves that it is possible to achieve an optimal diversification (portfolio effect) using contracts from different market structures.

Viernes 04 de junio

Ing. Rodolfo Rosés

Título:

“Estrategias de Restauración de Cargas en Sistemas Eléctricos Regionales”

Resumen:

La restauración es un proceso complicado y largo para restablecer el servicio a los consumidores afectados por extensos cortes de energía. Requiere que los operadores de los centros de control de los distintos sistemas eléctricos involucrados, posean conocimientos de varias técnicas, que permitan llevar a los sistemas de un estado crítico de emergencia a un estado, donde se suplan la mayor cantidad posible de cargas, teniendo en cuenta el estado de funcionamiento de los componentes de la red.

El objetivo de la restauración es lograr recomponer el sistema en el menor tiempo posible, pero realizando pasos seguros que no provoquen nuevos problemas, tanto a los consumidores como a las empresas eléctricas.

La solución de los problemas de la Restauración se relaciona tanto con problemas técnicos como económicos. En este trabajo se busca mejorar las características de restauración de un sistema eléctrico sin tener que realizar grandes inversiones, debido a que éstas en la actualidad no se justifican totalmente, especialmente debido a la existencia de distintos agentes en el mercado eléctrico y a la vulnerabilidad actual de los sistemas eléctricos.

La propuesta consiste en evaluar y aprovechar los recursos existentes para llevar al

sistema a un estado adecuado para restaurar un conjunto importante de cargas, con el objetivo de disminuyendo el tiempo de restauración requerido y los costos por energía no suministrada.

Viernes 04 de junio

Ing. Carlos Aguilera

Título:

“Protección basada en componentes de alta frecuencia aplicadas a líneas con compensación serie”

Resumen:

En este trabajo de tesis dos importantes funciones de las protecciones de líneas han sido desarrolladas a partir del procesamiento de las componentes de alta frecuencia generadas por las fallas. La primera de estas funciones se encarga de detectar, clasificar y seleccionar las fases fallas, y la segunda de determinar si la falla se encuentra dentro ó fuera de la zona principal de protección prescindiendo de la utilización sistema de comunicaciones para vincular a las protecciones que se encuentran en cada uno de los terminales de la línea.

Viernes 04 de junio

Ing. Angélica Delgadillo

Título:

“Metodología para la evaluación y control del estado de operación en hornos de arco sumergido”

Resumen:

Como es bien sabido, los hornos de arco por ser cargas no lineales y altamente dinámicas son una de las fuentes más importantes de armónicos e ínter armónicos. Hasta el momento la gran mayoría de las investigaciones se ha concentrado en minimizar su efecto en las redes eléctricas, sin embargo, el espectro armónico es un indicador del estado interno del horno puede ser usado para evaluar el estado de operación del mismo.

La exposición se centra en analizar el sistema el funcionamiento eléctrico del horno, el estado del arte en el tema de su modelación y presentar una nueva metodología utilizando sistemas neuro-difusos que permite, a partir de la lectura de los armónicos más relevantes que indefectiblemente son producidos a partir de proceso de fundición con hornos de arco,

hacer una evaluación del estado de operación del horno, ayudando en la toma de decisiones acerca de medidas de prevención o corrección que permitan prevenir varias condiciones indeseadas que afectan la fundición y mantener el proceso de fundición bajo los límites establecidos.

El desarrollo del modelo se basa en mediciones reales hechas en una planta de fundición de ferro silicio en San Juan.

Viernes 04 de junio

Ing. Camilo Cortés

Título:

“Investigaciones relativas a la medición y procesamiento de señal en el proceso de determinación de campos magnéticos debidos a corrientes sinusoidales y no sinusoidales en el rango de frecuencia de 3 Hz a 30 kHz”

Resumen:

La medición precisa de campos magnéticos es un problema de creciente interés tanto para los fabricantes de instrumentos como para investigadores debido principalmente a los efectos biológicos que pueden originarse ante la exposición a ellos, y constituye un desafío importante si se consideran las diversas dificultades encontradas al medir estos campos.

La exactitud de los instrumentos de medición de campo magnético introduce varias preguntas que deben ser resueltas por la ingeniería. La presentación muestra que hay nuevas normas y directrices para el control de la exposición a campos magnéticos. Estas normas piden que los campos magnéticos deben ser medidos en una banda amplia de frecuencias y que las magnitudes de los componentes de frecuencia deben ser determinados. Además, los campos magnéticos pueden ser sinusoidales, periódicos no sinusoidales o pulsos.

Sin embargo, las normas actuales para los instrumentos de medición de campo magnético no garantizan la adecuada medición de campos no sinusoidales o pulsos. Por otro lado, existen pocas investigaciones que evalúen la exactitud de los instrumentos de medición de campo magnéticos comerciales. Sin embargo, estos instrumentos son usados actualmente para medir campos magnéticos sinusoidales y no sinusoidales.

La tesis doctoral tiene por objetivo investigar la forma de medición de los campos magnéticos producidos por corrientes de frecuencia industrial con contenido armónico en el rango de frecuencias de 3 Hz a 30 kHz, con especial consideración a las posibilidades

de descomponer el campo en la suma de sus componentes de forma precisa, realizando un aporte al diseño de equipamiento de medición de estas magnitudes.