

Propuesta para el Desarrollo de Metodologías de Medición y Obtención de Modelos, Aplicados a la Enseñanza de las Maquinas Eléctricas en la Formación Técnica Universitaria

Freddy Da Silva, M. Da Costa, J. Salinas, M. Álvarez

Resumen— Este trabajo presenta una propuesta de incorporación de nuevas tecnologías de medición y registro de parámetros eléctricos para la obtención de modelos y simulaciones, aplicadas en la docencia que se ejecuta en el laboratorio de maquinas eléctricas de la Sede del litoral de la USB, para la formación de Técnicos Superiores Universitarios e Ingenieros. Esta incorporación implica la integración, selección y manejo de herramientas de procesamiento digital sin alterar el modelo clásico de formación técnica en esta área ni los fundamentos pedagógicos correspondientes. Las nuevas técnicas de medición y registro de parámetros eléctricos permiten obtener un abanico de posibilidades en la obtención de modelos, simulación, interpretación de los fenómenos respectivos y novedosa presentación docente de los mismos.

Palabras claves— Docencia, formación técnica universitaria, medición.

I. INTRODUCCION

El perfil de formación de técnicos universitarios en el área eléctrica, en la Sede del Litoral de la Universidad Simón Bolívar, está orientado a la formación de un profesional que debe cumplir su rol de actuación en procesos de instalación, calibración, operación y mantenimiento de los sistemas correspondientes. Sus competencias le permiten participar activamente en todas las fases de proyectos, ejecución, operación y mantenimiento de equipos empleados en los sistemas de generación, transmisión y distribución de la potencia eléctrica. En este marco, la carrera eléctrica a nivel técnico, señala diversas líneas de aprendizaje, entre ellas la de máquinas eléctricas. Esta línea comprende un conjunto de asignaturas que siguen una secuencia que va desde los fundamentos teóricos, continúa con los aspectos operativos y

de medición, luego el control y posteriormente el mantenimiento. Los aspectos operativos y de medición, el control y el mantenimiento, se desarrollan en asignaturas cuya ejecutoria esta asociada a talleres y laboratorios. Este trabajo presenta la incorporación, como elementos de aprendizaje, de técnicas modernas de muestreo, registro y manejo de técnicas de procesamiento computacionales como herramientas que optimizan el diagnóstico y elaboración de estrategias de operación y mantenimiento [1-3].

La utilización de estas herramientas, para las distintas variables eléctricas y mecánicas asociadas, hacen necesario el desarrollo de una metodología enfocada a la medición y obtención de modelos aplicados a la enseñanza de las Maquinas Eléctricas. La recolección del volumen de datos requeridos ha de realizarse a través sistemas automatizados de muestreo y almacenamiento. La implementación de esta metodología, no deja de lado las actividades que desarrollan habilidades clásicas, propias de la formación técnica. Se trata pues, de que los participantes usen la tecnología para que la experiencia de aprendizaje cubra el contenido total previsto, de una manera amena, eficiente y eficaz. [4].

II. EL ACTO DE MEDIR EN EL LABORATORIO.

Los métodos modernos de monitoreo y registro de parámetros eléctricos proporcionan una dimensión de procesamiento de información y análisis más amplia que los métodos clásicos de medición. El monitoreo y registro, en la actualidad, nos brindan mayores y mejores escenarios de evaluación de sistemas eléctricos. Es pues una nueva manera de afrontar el acto de medición señalado que permite la posibilidad de ampliar el espectro del procesamiento y análisis mencionado, para entre otros fines, validar modelos teóricos y poner en evidencia comportamientos actuales, tan útiles en las técnicas modernas de diagnósticos, planificación, operación y mantenimiento de las máquinas eléctricas.

Como se mencionó, estas actividades en talleres y laboratorios, no deben ir en menoscabo de los procedimientos clásicos como el manejo de instrumentos de medición instantánea, la selección de estos, su montaje y operación. Esto contribuye con el desarrollo de destrezas en conexión, calibración y ajustes que correspondan. Sin embargo el uso de instrumentos con características digitales y memoria de

Artículo enviado al Comité Técnico del IV CIBELEC 2010 y las V JIELECTRIC 2010, el 25 / 01 / 2010.

F.D.S., J.S., están con USB – Sede del Litoral, Dpto. de Tecnología Industrial, Sector Camurí Grande, Naiguatá, Estado Vargas, Venezuela. E-mails: fdasilva@usb.ve, fdasilva1@yahoo.com, jsalinas357@gmail.com, jsalinas@usb.ve, jsalinas357@gmail.com

M.Á. está con USB, Decanato de Estudios Tecnológicos. E-mail: maribelalvarez@usb.ve

M.D.C. está con USB – Sede de Sartenejas, Baruta, Estado Miranda, Venezuela. E-mail: mdacosta@usb.ve

registro, permite la lectura y posteriormente el procesamiento de datos de una manera sencilla reduciendo en parte el error de apreciación y de ajuste de escala, ahorrando buena parte del tiempo para el desarrollo de la experiencia.

El avance tecnológico le señala a los procesos **de enseñanza – aprendizaje de carácter técnico**, entre otros aspectos, la incorporación de estos temas, pues esto permite poner en evidencia en forma expedita, el comportamiento en el tiempo de los parámetros eléctricos representativos de los sistemas eléctricos, como por ejemplo, comportamientos transitorios, comportamientos en régimen permanente, análisis espectral, expresiones fasoriales, etc [4].

Un aspecto importante en el entrenamiento con estas técnicas de muestreo y registro, consiste en señalar la responsabilidad implícita en estos actos de medición. Por ejemplo, los casos de estudios sobre sistemas eléctricos durante un periodo de tiempo prolongado, requieren el registro de sus parámetros para generar un diagnóstico. El técnico ejecutante de la medición debe estar consiente de: la responsabilidad, normas técnicas, normas de seguridad respectivas y adecuada ejecución, que estos actos de medición le imponen.

III. ASPECTOS PEDAGÓGICOS.

Los elementos relacionados con los aspectos metodológicos de la enseñanza [1], estén asociados a:

1. La justificación en términos de su contribución a la consolidación del perfil de formación.
2. Desarrollo de las competencias como el resultado de la combinación dinámica de atributos, conocimientos, habilidades, actitudes y valores obtenidos por los participantes.
3. La evaluación de competencias a través de la exposición verbal y escrita, el manejo de cálculos, la representación gráfica de los aspectos técnicos desarrollados, utilización de metodologías para lograr soluciones, manejo de tecnologías de la información y herramientas computacionales y cumplimiento conciente de la normativa de seguridad y medio ambiente del trabajo que corresponda
4. El claro establecimiento o manejo de objetivos generales y específicos.
5. Cumplimiento de contenidos programáticos.
6. El constante desarrollo de estrategias o procedimientos metodológicos empleados dentro del taller o laboratorio para dar cumplimiento a los objetivos, esto es: exposiciones de prelaboratorio, trabajo en grupos, confrontación con escenarios asociados a la parte laboral respectiva, guías para el análisis, investigación, presentaciones y simulaciones computarizadas.
7. La estrategias de evaluación a través de la valoración continua de las estrategias mencionadas, los informes de carácter técnico al final y pruebas verbales – escritas.

Especial énfasis adquiere la estrategia de ponderación o peso específico evaluativo asignado a las diferentes tareas que se ejecuten en el prelaboratorio, laboratorio e informe final. La ponderación de cada una de ellos revela la importancia de las mismas en términos numéricos, por cada actividad desarrollada.

El rol del docente y auxiliares del laboratorio es primordial. El docente establece las directrices académicas que enmarcan todas las actividades señaladas. El técnico o auxiliar de laboratorio verifica la correcta y segura ejecución, velando por que las mismas estén dentro de los parámetros académicos señalados por el docente. Ambos son instructores y sus roles son complementarios entre si.

A. El Trabajo de Prelaboratorio.

Esta actividad incentiva: la investigación, protocolización, simulación y cálculos de parámetros asociados a los circuitos como elementos que referencian la correcta realización en los posteriores ensayos o pruebas a realizar por el participante. Una buena estimación permite ahorrar tiempo, limitar la cantidad de instrumentos a emplear y facilitar la elección del método de prueba y medición más apropiado [5].

Como punto importante dentro del prelaboratorio el participante debe trazar detalladamente el esquema de conexiones de la prueba a ejecutar aunque se trate de un circuito sencillo. El esquema debe incluir todos los elementos a utilizar (instrumentos, registradores, controles, fuentes, etc). El participante debe mostrar su análisis del circuito planteado. Se debe recordar al participante que una falla eléctrica trazada sobre el papel no causa perjuicios, mientras que una real puede producir daños irreparables.

Se deberá incluir las especificaciones que correspondan, de todos los instrumentos y registradores que se emplean en la medición. Esto permitirá la revisión del proceso y también en caso de duda sobre uno o más instrumentos, posiblemente defectuosos, facilitaran la repetición de las mediciones en condiciones similares.

Dada la naturaleza técnica y de manejo de magnitudes de energía potencialmente peligrosas para los participantes, se ha de considerar que algunos prelaboratorios sean dictados en el ambiente del laboratorio.

Las Figs. 1 y 2, muestran el anverso y reverso de un modelo de hoja técnica que sistematiza los requerimientos de información requeridos por el prelaboratorio. Esta hoja se llena por cada uno de los ensayos a realizar. Similarmente, durante el proceso de registro de mediciones en los ensayos, todas las anotaciones deben realizarse en forma sistemática, de forma tal que permitan la interpretación de los resultados obtenidos durante la experiencia y su confrontación con los valores calculados. Además del registro de datos eléctricos, en la hoja se incluyen otros aspectos como la identificación del

IV. OBTENCIÓN DE MODELOS.

En relación a los modelos que el participante debe internalizar, se trata básicamente de la validación de modelos clásicos de Maquinas Eléctricas a partir del procesamiento de datos obtenidos en el laboratorio con las herramientas computacionales que correspondan a cada caso. Adicionalmente el participante deberá ubicarse en el entendido de que estos modelos pueden cambiar, de acuerdo al uso o aplicación que impongan los diferentes escenarios de operación. Esto último señala la conciencia de manejar no un modelo para una determinada máquina sino la posibilidad de un abanico de modelos que representan la misma.

La validación implica que los datos experimentales serán procesados por el participante en simulaciones posteriores a fin de confrontar estas con los resultados de las simulaciones teóricas e hipótesis relacionadas. En función del grado de profundización que el instructor junto a sus participantes aspiren, las simulaciones a partir de datos experimentales pueden incluir otras variables de interés en el correspondiente estudio.

V. RECURSOS NECESARIOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN.

El equipamiento base para la implantación de esta propuesta está constituido por transformadores, máquinas de continua reversibles, de inducción y sincrónicas, trifásicas y monofásicas, con tallas de potencia entre 1 y 4 KVA y velocidades de 1800 r.p.m. Similarmente se debe tener un grupo de cargas, resistivas, inductivas y capacitivas, adecuadas para las distintas pruebas de arranque, vacío y carga que se realicen. En cuanto a las fuentes de alimentación, se debe considerar tenerlas fijas y variables y acorde con las especificaciones del laboratorio.

En cuanto al equipo de medición para la implementación de la metodología se debe poseer equipos de monitoreo – registro de calidad de energía eléctrica, osciloscopios, instrumentos de medición instantáneas clase 1 (voltímetros, amperímetros, vatímetros, medidores de factor de potencia, etc), medidores de: aislamiento, velocidad, de impedancia y de muy pequeños valores de resistencia. De igual forma, se debe incluir equipos de computación con conexión a Internet y multimedia que permita simulaciones, procesamiento de datos y exposición.

En lo que respecta al software empleado para las simulaciones y obtenciones de modelos se dispondrá de software de cálculo como MATLAB, MATCAD, EXCEL y software de simulación propiamente como *Lab UniTrain-I*, *Simulink*, *LabView*, el *software-free* de simulación de maquinas eléctricas desarrollado por el departamento de ingeniería eléctrica de la Universidad de Valladolid.

VI. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN.

El sistema de evaluación se medirá en términos de eficiencia y eficacia de los participantes. La eficiencia del método es una medida cualitativa de los conocimientos adquiridos durante la ejecución de las distintas actividades de laboratorio, evaluada mediante dos pruebas escritas a realizar una a mediados y la otra al final del curso. Estas serán complementadas con la valoración progresiva de los reportes técnicos finales, las intervenciones, el desempeño y la destreza laboral puesta de manifiesto. La eficacia del método se medirá en tiempos de ejecución de las tareas asignadas y entrega de los reportes técnicos.

VII. EJEMPLO DE APLICACIÓN.

Como ejemplo de aplicación citamos, los ensayos de vacío y rotor bloqueado de la maquina asíncrona trifásica con rotor en cortocircuito. En la etapa de prelaboratorio el docente discutirá con los participantes la metodología, ecuaciones, diagramas correspondientes y normas de seguridad para personas y equipos. El estudiante deberá llenar la hoja de datos con lo requerido. A su vez deberá desarrollar mediante los *software* de cálculo el tratamiento de las magnitudes que obtendrá durante el ensayo y consecuente selección de los instrumentos de medición y registro. En la etapa de laboratorio, bajo la supervisión del docente y del auxiliar del laboratorio, el estudiante realizara el montaje previsto en la actividad de prelaboratorio. Previa autorización del docente, se procederá a energizar el montaje y llenado de la hoja de datos. Por último y como parte del reporte final, el estudiante incorporara los datos obtenidos durante el ensayo en el software de calculo a fin de obtener los parámetros de la maquina. Una vez con ello introducirá estos valores en el software de simulación a fin de obtener las curvas de operación que ponen en evidencia el comportamiento operativo de la maquina en las etapas de arranque y funcionamiento con variaciones de carga.

VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

La implantación de la metodología mencionada para la **formación técnica** en asignaturas como la de laboratorio de máquinas eléctricas o similares, debe contribuir con:

1. El afianzamiento de que la realización de pruebas, aun por sencillas que sean, deben realizarse bajo un esquema de protocolización de las mismas. Estos protocolos deben ser preparados antes de la realización de las pruebas, considerando las normas técnicas y de seguridad correspondientes.
2. Crear un sentido de responsabilidad en relación al acto de medir, pues la información obtenida en estos actos son base para que, probablemente, otros profesionales elaboren diagnósticos y planifiquen otras actividades subsecuentes.

3. Mostrar el uso y ventajas de utilizar métodos de medición a través de equipos registradores y en general de nuevas técnicas de medición, registros y procesamientos.
4. La puesta en evidencia de manera mas “grafica y/o amigable” de los aspectos teóricos relacionados con las máquinas eléctricas.
5. El desarrollo de competencias técnicas como capacidad de selección de instrumentos de medición, montaje y operación de los mismos. Esto junto al desarrollo de otras, asociadas al montaje y operación de las máquinas eléctricas.
6. La noción de reportar: el análisis de mediciones o resultados y consecuentemente el establecimiento de conclusiones y recomendaciones. Esto le permite al técnico establecer concientemente las herramientas de análisis a su disposición, tanto de conocimiento como materiales. En cuanto al reporte de conclusiones y recomendaciones atinentes a situaciones, pruebas o problemas específicos, esto contribuye a desarrollar la iniciativa de proporcionar aportes activamente aceptando las evaluaciones respectivas.
7. La posibilidad de incorporar mayor cantidad de experiencias operativas relacionadas con las máquinas eléctricas, en un tiempo de ejecución que ya está previsto como de cuatro horas.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- [1] Álvarez Maribel, “**Programas Analíticos**”. Decanato de Estudios Tecnológicos, USB, Caracas, Venezuela, Diciembre 2009.
- [2] Caricchi F. “**Apunti di Machina Elettriche**”. Università di Roma La Sapienza. 2006
- [3] Filippo T. “**Pruebas sobre Máquinas Eléctricas**” Ed. Vicens-Vives. 1965.
- [4] Lozano Rogado. J.; Rodríguez Vicente. F.; López Piñeiro. A. “**Sistema Automático de Medidas Eléctricas y de Par en Banco de Motores de Laboratorio**”. XXIX Jornadas de Automática. Tarragona: Comité Español de Automática; Universitat Rovira i Virgili, 2008.
- [5] Karcs. Andres M. “**Fundamentos de Metrología Eléctrica**”. Tomo II y III .Ed. Marcombo. 1976, pp.: 12,13.