

digital de adquisición de datos capaz de reemplazar una variedad de medidores convencionales, tales como voltímetros, relés y otros componentes.

Algunas de las características más importantes son la captura de armónicos hasta el orden 255 y los huecos y puntas en la forma de ondas, de especial relevancia para el desarrollo del estudio.

DESARROLLO DEL PROYECTO

El desarrollo del proyecto se realizó en las siguientes fases:

- a) Selección de una instalación acorde a las características del proyecto.
- b) Gestión de pedidos.
- c) Instalación de equipos en la instalación.
- d) Puesta en marcha, seguimiento y control.
- e) Adquisición de datos.
- f) Estudio de datos y simulación del motor analizado.
- g) Resultados y Conclusiones.

La temporización de cada una de las fases desarrolladas viene reflejada en la siguiente tabla:

Fase	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
II	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
III												
IV												
V												
VI												

Tabla 1. Temporización del desarrollo del proyecto.

Los criterios que se adoptaron para la selección de la IDAM han sido:

- Motores eléctricos representativos en la mayoría de las IDAMs.
- Disponibilidad y regularidad en el funcionamiento de los motores.

- Fecha de construcción.
- Fácil acceso.
- Autorización de la empresa explotadora.

La IDAM seleccionada está situada en la zona de Salinetas (T.M. Telde), administrada por la empresa mixta “Aguas de Telde, Gestión Integral del Servicio, S.A.”

Las principales características de esta IDAM se indican en la Tabla 2.

Capacidad total	10.000 m ³ /día
Dureza del agua de mar	39.000 mg/l
Salinidad del agua producida	< 900 mg/l
Temperatura	19-21°C
Membranas	Aislamiento en espiral (DOWFILMTEC)
Unidades de producción	2
Capacidad de la unidad de producción	5.000 m ³ /día
Número de etapas	1
Presión de operación	< 68 bar
Factor de recuperación	42-43 %

Tabla 2. Características de la IDAM “Aguas de Telde, S.A.”

En la Figura 1 se muestra el diagrama general del proceso el cual

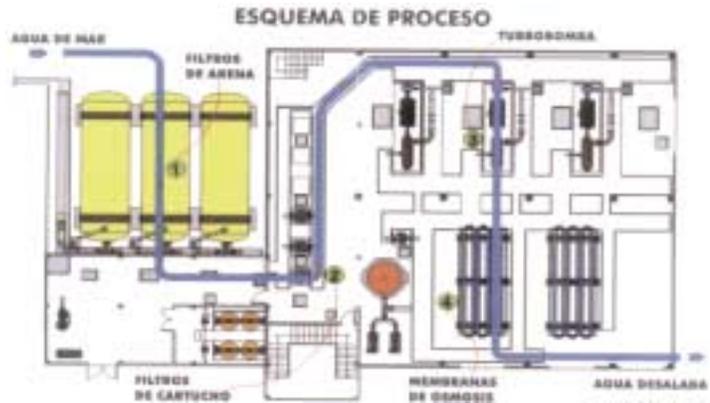


Figura1. Diagrama de proceso.

está formado por un pretratamiento de tres filtros de arena, tres filtros de cartucho y dos unidades de ósmosis inversa.

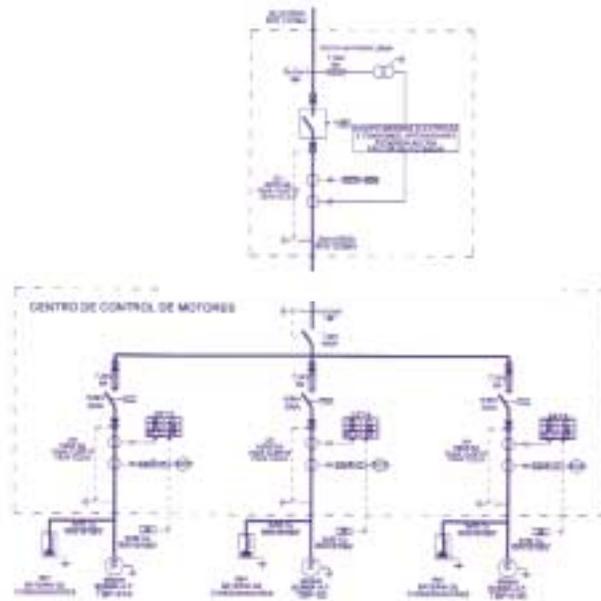


Figura 2. Esquema unifilar eléctrico de las bombas de alta presión (Cortesía de Ondeo Degremont).

A su vez, en la Figura 2 se recoge parcialmente el esquema unifilar de la alimentación eléctrica a los motores de media tensión, teniendo como punto de partida el Centro de Transformación de la IDAM.

La tensión de alimentación de los motores eléctricos es de 6,3 kV. La disposición empleada para la conexión eléctrica de los tres grupos bomba-motor-turbina (turbo-bomba) es mediante una configuración en paralelo.

El analizador de redes CM-4000 se instaló siguiendo las instrucciones de la empresa que construyó la planta desaladora, tal como se muestra en la Figura 3. Además, cada motor de la turbobomba dispone de un relé de protección, del fabricante Schneider Electric, modelo SEPAM-2000, con el cual se contrastó la información obtenida por el analizador de redes. En la Tabla 3 se indican las características eléctricas del motor asíncrono trifásico estudiado.

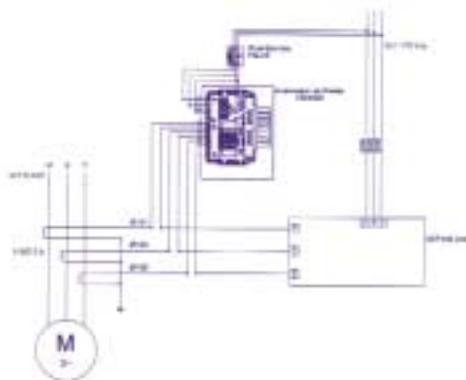


Figura 3. Instalación del CM-4000.

Potencia	850 kW
Tensión nominal	6300 V
Intensidad	89,5 A
Frecuencia:	50 Hz
Velocidad	2982 rpm
Rendimiento	96,2%
cos φ:	0,91
Tipo de rotor:	Jaula de ardilla
Peso	5.000 kg
Resistencia de fase:	0,1830 ohm

Tabla 3. Placa de Características del motor eléctrico.

El clásico sistema de arranque de estos motores de gran potencia es el arranque directo, es decir, sin emplear ningún dispositivo adicional para limitar la corriente de arranque.

Como ya se comentó anteriormente, la IDAM dispone de tres bombas de alta presión y dos racks de membranas de ósmosis inversa. Existe una bomba de alta presión de reserva para llevar a cabo operaciones de mantenimiento en las dos unidades de producción denominadas rack-01A y rack-01B.

El analizador de redes CM-4000 se conectó a la turbobomba denominada TBP-01B tal como muestra la Figura 4.



Figura 4. Esquema de las unidades de O.I.

Durante un periodo de seis meses, se realizaron diversas mediciones (tensiones, intensidades, frecuencias, potencias, energía, etc.) con el analizador de redes conectado al motor eléctrico de la TBP-01B.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La mayor parte de los datos experimentales obtenidos fueron tomados de la unidad de producción formada por la turbobomba TBP-01B con el rack-01B. Sin embargo, también se han recopilado datos experimentales correspondientes a la influencia del arranque de las otras dos turbobombas, la TBP-01A y la TBP-02, alineadas con el rack de producción 01A.

En resumen, los eventos eléctricos más significativos en la IDAM se pueden clasificar en dos tipos:

1- Arranque directo del la TBP-01B alineada al rack-01B.

En la Figura 5 se muestra un gráfico real de un arranque directo analizando el comportamiento de la intensidad.

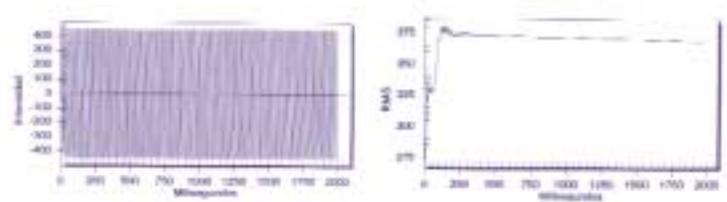


Figura 5. Intensidad de la fase R durante el arranque directo.

A la izquierda de dicha figura se muestra la intensidad instantánea y a la derecha la intensidad eficaz (RMS) correspondiente.

El máximo valor de la intensidad eficaz fue 380,92 A, es decir, del orden de unas cuatro veces la intensidad nominal del motor.

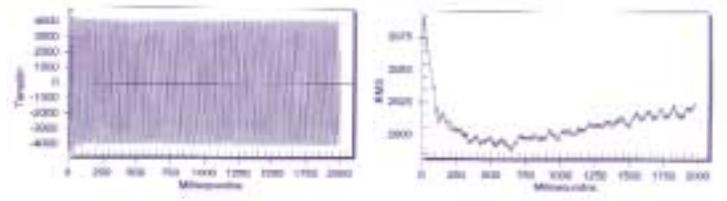


Figura 6. Tensión de fase RN durante el arranque directo.

En la figura 6 se observa el correspondiente comportamiento de la tensión. A la izquierda de dicha figura se muestra la tensión instantánea y a la derecha la tensión eficaz (RMS).

La máxima tensión eficaz fue de 2909 V, restableciéndose posteriormente el valor nominal .

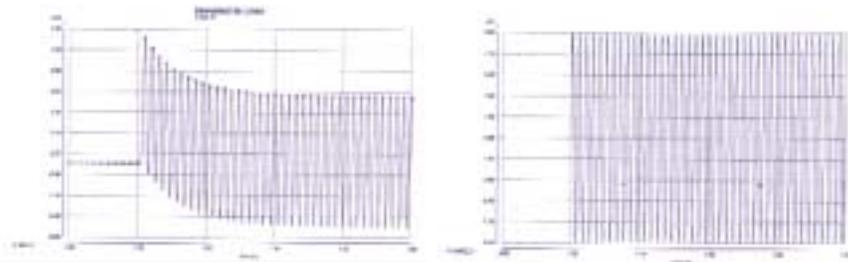


Figura 9. Simulación de un arranque del motor asíncrono.

sentan grandes diferencias dignas de mencionar.

Las gráficas obtenidas con el software utilizado parten de un modelo matemático ideal, no reflejando estrictamente el comportamiento real del arranque del motor asíncrono.

Por otro lado, el consumo específico de la planta expresado como kWh de energía consumida por cada metro cúbico de agua desalada, no se ve afectado de forma notable por los arranques de los motores, ya que éstos se llevan a cabo durante pequeños intervalos de tiempo. El trabajo desarrollado hasta la fecha no se debe dar por concluido, ya que en nuestra opinión aparecen unas posibles líneas futuras de investigación encaminadas a:

- mejorar los sistemas de arranque de los motores de gran potencia y media tensión.
- considerar la utilización de motores de mayor tensión nominal (> 6,3 kV).
- y finalmente, analizar el flujo de potencias de todo el conjunto de elementos eléctricos que intervienen en el sistema de potencias de la instalación desaladora.

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto de investigación forma parte del Proyecto Innova AC-13. Los autores queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento al patrocinador, la empresa UNELCO, así como a las empresas

“Aguas de Telde, S.A.”, “Ondeo Degrémont” y Canaragua sin cuya ayuda desinteresada no hubiese sido posible la realización del mismo.

BIOGRAFÍA

JOSÉ JAIME SADHWANI ALONSO

Es Profesor Titular de Escuela Universitaria y Secretario del Dpto. de Ingeniería Eléctrica de la ULPGC, habiéndose doctorado con la Tesis “Estudio de sistemas de limpieza en membranas de ósmosis inversa”. Desde el año 1990 ha impartido docencia en la Escuela de Ingenieros Industriales simultaneando la actividad docente con la actividad profesional en el sector de tratamientos de aguas. Desde dicha fecha ha estado especializándose en dicho sector de aguas, habiendo publicado diversos artículos en revistas especializadas.

Ha ocupado el cargo de Director Técnico de la empresa Proyectos e Instalaciones de Desalación (PRIDESA) desarrollando tareas de ejecución, montaje y puesta en marcha y gestión de las plantas desaladoras adjudicadas en Canarias.

Durante el período 1989 a 1997, participó en la construcción de las plantas desaladoras mediante el proceso de ósmosis inversa, siguientes:

- Las Palmas III-IV de 36.000 m3/día (1987-1989)

Por otro lado, el consumo específico de la planta expresado como kWh de energía consumida por cada metro cúbico de agua desalada, no se ve afectado de forma notable por los arranques de los motores, ya que éstos se llevan a cabo durante pequeños intervalos de tiempo.

- Sureste de 10.000 m³/día (1992-1993)
- Arucas-Moya de 4.000 m³/día (1993-1994)

En la actualidad sigue trabajando en la línea de investigación de Tratamientos de Aguas mediante convenios de colaboración con las Administraciones Públicas.

FABIÁN DÉNIZ QUINTANA

Ingeniero industrial, es profesor del Dpto. de Ingeniería Eléctrica y Subdirector de Ordenación Académica de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la ULPGC, impartiendo docencia en las asignaturas de Máquinas Eléctricas y Electrotecnia. Actualmente está realizando su Tesis Doctoral en el estudio: análisis y modelado de las máquinas eléctricas empleadas en las plantas desaladoras de agua de mar por ósmosis inversa en Canarias. Con anterioridad a la actividad docente universitaria, desarrolló su actividad profesional en estudios y despachos profesionales de ingeniería y arquitectura. Departamento de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria Campus de Tafira Baja, CP 35017, Las Palmas de Gran Canaria, ESPAÑA
Tel: +34 928 45 1963,
Fax: + 34 928 451874
Email: jsadhvani@die.ulpgc.es
fdeniz@die.ulpgc.es

BIBLIOGRAFÍA

Arrillaga, J., (1994): Armónicos en sistemas de potencia, Univ. de Cantabria

Bonal, J. (1999), Accionamientos eléctricos a velocidad variable, Schneider Electric

Cortés Cherta, M. (1990) “Curso moderno de máquinas eléctricas rotativas Tomo III”, Editores Técnicos Asociados

El-Hawary, M. (1984): Electrical Power Systems, Design and Analysis, Reston

Fraile Mora, J. (1995): Máquinas Eléctricas, E.T.S. Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos

Geisler, P. et all (1999): Optimization of the energy demand of reverse osmosis with a pressure-exchange system”, Desalination, núm.125, págs. 167-172

Harris, C. (1999): “Energy Recovery for membrane desalination”, Desalination, núm. 125, págs. 173-180

Kingsley, Kusko y Fitzgerald, (1984): Teoría y análisis de las máquinas eléctricas. Editorial Hispano Europea

Merino Azcárraga, J. (1999): Arranque industrial de motores asíncronos. Mc Graw-Hill

Stroud, K. A. (1984): Fourier series and harmonic analysis, Stanley Thornes

Veza, J.M. (2001): “Desalination in Canary Islands: an update” Desalination, núm. 133 págs. 259-270.

Zamora, Macho (1997): Distorsión armónica producida por convertidores estáticos, Iberdrola

Patrocinador de esta investigación:

UNIÓN ELÉCTRICA DE CANARIAS, S.A.
(UNELCO)