PDF-XChange Click to buy NOW! http://www.guthcad.com

Análisis Técnico-Económico del cambio de turbinas de vapor por motores eléctricos en tandem de molinos del Ingenio La Troncal

Álvaro Cueva[1], Luis Molina[2], José Matute[3], Holger Cevallos[4]
[1]Ingeniero Eléctrico en Potencia 2009; email: aecueva@fiec.espol.edu.ec
[2] Ingeniero Electrónico Industrial y Automatización 2009; email: lmolina@fiec.espol.edu.ec
[3] Ingeniero Electrónico Industrial y Automatización 2009; email: ofernand@fiec.espol.edu.ec
[4]Director de Tesis, Ingeniero Eléctrico en Potencia, Escuela Superior Politécnica del Litoral. Subdecano de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Computación de la ESPOL desde el 2004; email: hcevallos@ fiec.espol.edu.ec

Resumen

El Ingenio La Troncal desde el año 2005 entrega sus excedentes de energía eléctrica al Mercado Eléctrico Mayorista, esto representa ingresos económicos para la empresa. Con el fin de incrementar dichos excedentes se debe hacer un cambio importante dentro de la planta; el área de molienda consta de 6 molinos y 3 picadoras de caña impulsadas por 9 turbinas de vapor y con el fin de utilizar el vapor en generación eléctrica se reemplazaran estas turbinas por motores eléctricos de alto rendimiento, elevando así la producción de excedentes de 9.8 MW a 14.6 MW, esto se logra debido a que la eficiencia de la turbina de vapor impulsora de un molino es de 65% mientras que la de un turbogenerador es 80%. La ejecución del proyecto representa un gasto económico que será pagado en dos años. La utilización de variadores de velocidad para el control de los motores eléctricos representa también una ventaja desde el punto de vista funcional de operación llevando un registro de la velocidad y torque en el eje de cada molino y picadora de caña.

Palabras Claves: Excedentes, molinos, picadoras de caña, turbina de vapor, motor eléctrico, alta eficiencia, turbogenerador, variador de velocidad.

Abstract

La Troncal Sugar Mill since 2005 deliveries their electric power surpluses to the Market Electric Wholesaler, this meaning economic revenues for the company. In order to increase these surpluses an important change should be made inside the factory; the mill area consists of 6 mills and 3 cane knives impilled for 9 steam turbines, in order to use this steam flow for electric generation these turbines will replaced by electric motors of high yield, increasing the production of surpluses from 9.8 MW to 14.6 MW, this is achieved due to the efficiency of the steam turbine that move a mill is 65% while the turbine that move a turbogenerator has a efficiency of 80%. The execution of the project represents an economic expense that will be paid in two years. Using speed variators to the control of the electric motors also represents an advantage for the functional and

PDF-XChange
Click to buy NOW!
http://www.guthcad.com

operational aspects taking a registration of the speed and torque on the axis of each mill and cane knives.

Key words: surpluses,mill,cane knives, steam turbine,electrical motor,high efficiency, turbogenerator, speed variator .

1. Introducción

La venta de excedentes de energía eléctrica esta limitada por la disponibilidad del vapor para uso en los turbogeneradores. Por tal motivo en el ingenio La Troncal se ha visto la posibilidad de utilizar el vapor suministrado por las calderas a las turbinas de vapor que impulsan los molinos en la generación eléctrica, sin realizar cambios en la infraestructura de las tuberías que transportan el vapor. De esta manera se aprovecha de mejor manera el vapor disponible, sin tener que construir calderas nuevas.

Una alternativa viable para reemplazar las turbinas de vapor es el uso de motores eléctricos de alta eficiencia como impulsores de los molinos.

2. Objetivos

El objetivo del presente trabajo es determinar la factibilidad económica del proyecto de cambio de turbinas de vapor por motores eléctricos en el área de molienda en el ingenio La Troncal.

3. Análisis Técnico

El balance de vapor establece cuales son los elementos productores de vapor y cuales son los elementos consumidores del vapor producido

La producción de vapor se realiza utilizando cuatro calderas acuatubulares cuyas principales características nominales se indican en la Tabla 1

Cal	Pr.	T	F	Co.
1	300	640	60	Bagazo
2	300	640	60	Bagazo
3	300	640	60	Bagazo
4	600	750	120	Bagazo

Tabla 1. Producción de vapor Ingenio La Troncal.

Durante el periodo de zafra que va desde julio a diciembre el despacho real de vapor se muestra en la tabla 2.

CALDERA	TNV/H
1	43.3
2	43.3
3	43.3
4	120
TOTAL TV/H	250

Tabla 2. Despacho real de vapor.

El vapor generado por calderas es distribuido de la siguiente manera: de las 250 TV/H, 120 TV/H va para las turbinas de los turbogeneradores mientras que el resto va para las turbinas de vapor de molinos y picadores de caña como se indica en la Figura 1.

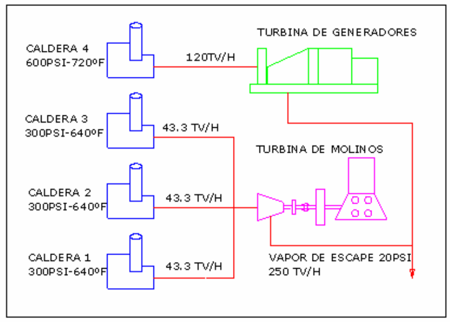

Figura 1. Balance de Vapor sin electrificar molinos

Con el proyecto de electrificación de molinos, se anuló el despacho de vapor hacia esta sección de la fábrica, este vapor en total 130 TV/H será enviado a generación eléctrica, es así que sumados a los 120 TV/H utilizados anteriormente obtenemos un total de 250 TV/H hacia las turbinas de los generadores eléctricos.

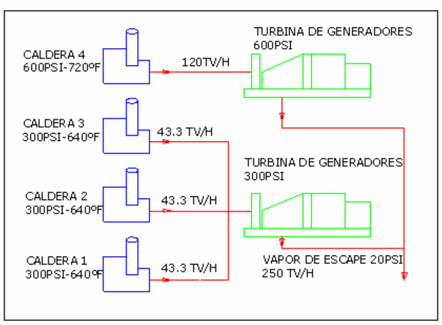

Figura 2. Balance de vapor con electrificación de molinos

El balance de energía se refiere a la energía eléctrica producida por los turbogenadores y la manera como se distribuye ya sea para la venta y para el consumo de la fábrica. El ingenio La Troncal cuenta con cuatro turbogeneradores. La producción de energía eléctrica sin electrificación y con electrificación de molinos se muestra en la tabla 3.

SIN ELECTRIFICAR MOLINOS			
EQUIPO	TV/MWH	TV/H	MWH
TG 1	12	0	0
TG 2	12	0	0
TG 3	10	0	0
TG 4	7.1	120	16.8
TOTAL		120	16.8
CON ELECTRIFICACION DE MOLINOS			
EQUIPO	TV/MWH	TV/H	MWH
TG 1	12	30	2.5
TG 2	12	30	2.5
TG 3	12	70	5.8
TG 4	7.1	120	16.8
T OTAL		250	27.6

TABLA 3. Producción de Energía (MWH)

La Figura 3 ilustra la producción de energía eléctrica individual en una hora de los turbogeneradores y su distribución. Sin electrificar molinos.

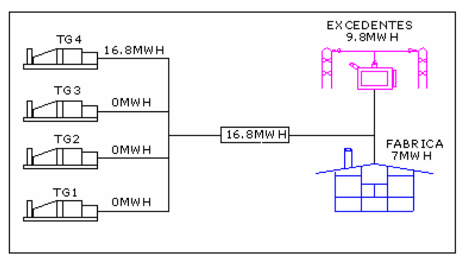

Figura 3. Venta de Excedentes sin electrificar molinos

La figura 4 se ilustra la producción de energía eléctrica individual en una hora de los turbogeneradores y su distribución. Con electrificación de Molinos.

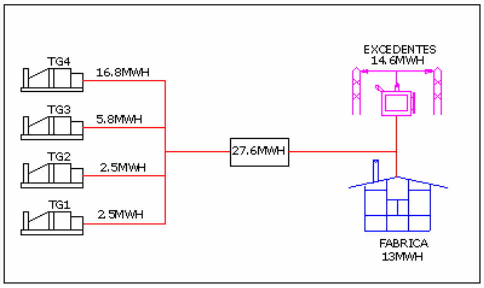

Figura 4. Venta de excedentes con electrificación de molinos

4. Desarrollo del Proyecto

Para la ejecución del proyecto se requiere de la implementación de un cuarto eléctrico donde se ubicaran los equipos tanto de potencia como de control como son: Swichtgear, Centro de control de Motores (CCM), Variadores de velocidad a nivel de 4.16 KV.

Figura 5. Cuarto Eléctrico

Las turbinas de vapor serán reemplazadas por motores asincrónicos trifásicos tipo jaula de ardilla de 1500 Hp, 1120 rpm, 4160V con un rendimiento del 95%.

Figura 6. Motor eléctrico de alta eficiencia

Estos motores eléctricos son controlados por variadores de velocidad de la marca ABB modelo ACS1000.

Figura 7. Drive ABB modelo ACS1000

5. Análisis Económico

El método utilizado para determinar la rentabilidad económica de la realización del proyecto es a través de la determinación de los valores del VAN y TIR utilizando el flujo de caja bajo 2 escenarios de estudio:

1.- Sin electrificación de molinos
En este caso analizaremos los ingresos por venta de energía de la cogeneración eléctrica sin realizar la inversión del cambio de turbinas por motores eléctricos en el tandem de molinos además los egresos por costos de operación y mantenimiento, el proyecto de cogeneración se implemento en el 2005 en el mismo se declaro para la venta de excedentes 6 MWH en un contrato con el CONELEC, el precio de la energía para este caso según la regulación 003/02 es de 10.23 ctv/kwh, pero para el siguiente año el 2006, la empresa realizo modificaciones en su parque generador, pues adquirió un turbo generador de 16.5 MW con lo que su capacidad de generación aumento estando en posibilidad de vender mayor cantidad de energía que la estipulada en el primer contrato, por lo que se realizo un nuevo contrato de venta de energía en donde se estipulo que para excedentes que sobrepase los 6MW el precio seria de 9.04

PDF-XChange
Click to buy NOW!
http://www.guthcad.com

ctv/kwh hasta un tope máximo de 15 MW de excedentes para la venta y si se llegara a sobrepasar este valor el precio seria el del mercado eléctrico mayorista.

2.- Con electrificación de molinos
En este caso se analizara la rentabilidad del sistema integrando la electrificación de molinos pero aquí analizaremos con una entrega de 14.6 MW de excedentes al igual que el caso anterior con los precios estipulados en el contrato realizado con el CONELEC.

6. Flujo de Caja

El flujo de caja elaborado para el proyecto de electrificación contiene los siguientes componentes

- Inversiones iníciales para la puesta en marcha
- Ingresos y egresos de operación
- Gastos financieros
- Depreciación
- Utilidades
- Impuestos a las utilidades
- Flujo neto de efectivo

La tabla 4 muestra la incidencia de los componentes involucrado en el cálculo del flujo de caja

INVERSION INICIAL	**-**
INGRESOS POR VENTA DE ENERGIA	**+**
GASTOS DE O&M	**-**
GASTOS FINANCIEROS POR PAGO DE INTERESES	**-**
DEPRECIACION DE ACTIVOS	**-**
UTILIDAD	**=**
IMPUESTOS	**-**
FLUJO NETO DE EFECTIVO	**=**

Tabla 4. Componentes de Flujo de Caja

El flujo de caja neto se muestra en la tabla 5.

AÑO	FLUJO NETO CAJA
2006	$ -3,061,654.70
2007	$ 885,801.91
2008	$ 885,801.91
2009	$ 885,801.91
2010	$ 885,801.91
2011	$ 885,801.91
2012	$ 885,801.91
2013	$ 885,801.91
2014	$ 885,801.91
2015	$ 885,801.91
2016	$ 885,801.91

Tabla 5. Flujo neto de caja

Una vez obtenido el flujo de caja se calculan los indicadores de la rentabilidad del proyecto que son el TIR (tasa interna de retorno) y el VAN (valor actual neto).

TIR	**26.08%**
VAN (MILES DE DOLARES)	**1, 383**
TMAR ESTABLECIDA	**15,00 %**

Tabla 6. Indicadores de rentabilidad.

Conclusiones y Resultados.

El cambio de turbinas de vapor por motores eléctricos en la sección de molinos y picadoras de caña en un Ingenio Azucarero representa una mejor utilización del vapor generado por la central térmica, en el caso del Ingenio La Troncal se aumentará la producción de excedentes de 9.8 MW a 14.6 MW lo cual representa un incremento de excedentes de Generación eléctrica de 4.8 MW para venta al MEM. Para poder obtener este aumento no se realizó ningún cambio en la central térmica que cuenta con 4 calderas acutubulares que tienen una producción total de 250 TV/H, el aumento de excedentes se debe a que la eficiencia de una turbina de vapor de varias etapas de un turbogenerador esta por encima de una turbina de vapor de una sola etapa de un molino.

El cambio de turbinas de vapor por motores eléctricos en la sección de molinos y picadoras de caña en un Ingenio Azucarero representa una mejor utilización del vapor generado por la central térmica, en el caso del Ingenio La Troncal se aumentará la producción de excedentes de 9.8 MW a 14.6 MW lo cual representa un incremento de excedentes de Generación eléctrica de 4.8 MW para venta al MEM. Para poder obtener este aumento no se realizó ningún cambio en la central térmica que cuenta con 4 calderas acutubulares que tienen una producción total de 250 TV/H, el aumento de excedentes se debe a que la eficiencia de una turbina de vapor de varias etapas de un turbogenerador esta por encima de una turbina de vapor de una sola etapa de un molino.

La realización del proyecto requiere una inversión inicial para la compra de los equipos, montaje y puesta en marcha. Los costos de mantenimiento representan una ventaja al ejecutar el proyecto puesto que son menores. Dicha inversión debe ser recuperada en 12 años que es lo que dura el contrato de venta de energía con el CONELEC, realizando el análisis económico considerando el aumento de excedentes 4.8 MW se obtienen un VAN de 1,383,980.13 y una TIR de 26.08% lo cual indica la justificación económica del proyecto. Se debe mantener los parámetros fijados en el análisis económico con el fin de poder cumplir las metas trazadas es decir la recuperación del capital y las ganancias proyectadas durante los doce años por lo tanto se debe mantener una molienda que garantice la producción de 14.6 MW de excedentes de energía eléctrica.

- Análisis de Sistemas de Potencia, John J. Grainger, William D. Stevenson, Jr.
- Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica.
- Manual de Técnicos Azucareros. E. Hugot.
- Manual de Operación de Turbinas de Vapor, Editorial Mc. Grill.
- Manual de Instalación y Operación, Drive ACS1000 ABB.
- Garcia Marque Rogelio. La puesta a tierra de instalaciones electricas, Editorial Alfa y Omega. 1999.
- Dias Pablo. Soluciones prácticas para puesta a tierra de sistemas eléctricos. Editorial Mc Graw Hill. 2001.
- CONELEC, Regulación 003/02, Precios de energías renovables. 2004.
- CONELEC, Regulación 001/02, Precios de energías renovables. 2004.

Paginas de Internet.

- www.smar.com, sugar aplications notes

- www.cec.uchile.cl, turbinas de vapor
- www.miliarium.com/monografias/Energia, cogeneración
- www.all-biz.info, turbinas de vapor para centrales termoeléctricas
- www.stilar.net, eficiencia energética en motores eléctricos
- www.mrelectromecanica.com, recomendaciones para ahorro de energía en motores eléctricos
- www.motors-electrics.com, Motores de alta eficiencia
- http://www.abb.com, Variadores ACS1000
- www.amazon.com, Handbook-Cane-Sugar-Engineering-Hugot
- www.voltran.com, transformador de aislamiento
- www.geindustrial.com, reles multilin
- www.conelec.gov.ec, regulaciones.