

Plantas Cogeneración

Plantas

Planta de cogeneración en ciclo combinado, de 80 MW, para una fábrica de papel en Portugal

El pasado mes de noviembre tuvo lugar en Setúbal la inauguración oficial de la nueva fábrica de papel del grupo Portucel Soporcel. En paralelo con la construcción de esta nueva instalación industrial se ha llevado a cabo la implantación de una planta de cogeneración que suministra energía eléctrica y vapor a dos niveles de presión a dicha fábrica. Diseñada y construida en configuración de ciclo combinado (dos turbinas de gas, dos calderas de recuperación y una turbina de vapor), la nueva planta de cogeneración tiene una potencia eléctrica de 80 MW y desde el pasado mes de agosto se encuentra plenamente operativa.

La nueva unidad de producción de Portucel Soporcel en Setúbal está equipada con una única máquina de papel, que se cuenta entre las más grandes y sofisticadas del mundo, y que está especialmente indicada para la producción de papel de calidad para oficina e impresión (UWF), en rollos de 10,4 m de ancho y 116 t de peso. Tiene una capacidad de producción de 80t/h de papel a una velocidad de 1.800 m/min, lo que significa 30 m/s de papel, estimándose su producción anual en 500.000 t/año.

Para atender las nuevas demandas energéticas, se inició paralelamente la construcción de una planta de cogeneración de aproximadamente 80 MW, en ciclo combinado.

La construcción "llave en mano" de la planta de cogeneración, que ha supuesto una inversión del orden de 75 M€, fue adjudicada por la propiedad S.P.C.G. (Sociedade Portuguesa de Cogeração Eléctrica S.A.), al consocio Ensulmec-Somague, que contrató a la firma de ingeniería española AESA, la ingeniería y la asistencia en la supervisión de obra, formación de personal y puesta en marcha de la planta.



MODOS DE OPERACIÓN

La central se ha diseñado para poder trabajar en multitud de modos de operación y para garantizar en todo momento la máxima disponibilidad.

La situación más normal de operación es la de la central en paralelo con la red, con los dos conjuntos turbina de gas – caldera en ciclo combinado con la turbina de vapor, todo a plena carga o a la que resulte de las necesidades térmicas del proceso. Como no hay *by-pass* de gases, la central modula la potencia de las turbinas en caso de producción de vapor excesiva, y hace intervenir los quemadores de postcombustión para ajustarse a demandas altas. También se han previsto sistemas para poder proporcionar todo el vapor inmediatamente después de que la máquina de papel se recupere de una rotura.

Otras posibilidades de operación contemplan ciclo simple con una o dos turbinas; ciclo combinado de sólo una turbina de gas con la turbina de vapor; funcionamiento en isla de una turbina de gas y la turbina de vapor, manteniendo la otra turbina de gas en paralelo con la red; isla total de la central, etc.

CONFIGURACIÓN Y EQUIPOS PRINCIPALES

Como ya mencionábamos anteriormente la planta está configurada en ciclo combinado y cuenta con una potencia total de 80 MW. Está equipada con dos turbinas de gas de 32 MW cada una, una turbina de vapor de contrapresión y con una extracción de 16 MW y dos calderas de vapor que producen vapor a dos niveles de presión y temperatura, equipadas a su vez



con sendos quemadores de postcombustión que permiten aumentar la cantidad de vapor generado por recuperación.

La implantación contempla instalación a la intemperie de los grupos turbogeneradores a gas y las respectivas calderas, e instalación interior del grupo turbogenerador a vapor en un edificio que cuenta también con salas para cuadros y equipos de sistemas eléctricos, de control, y otros auxiliares.

GRUPOS TURBOGENERADORES A GAS

Los dos grupos turbogeneradores de gas instalados en la planta de cogeneración de Portucel Soporcel en Setúbal están basados en la turbina de gas modelo LM 2500+G4 de General Electric (evolución de modelos anteriores de menor potencia), que permite producir en condiciones normales 32 MWe a 15 kV, utilizando gas natural como combustible, que se quema en una cámara de combustión de bajas emisiones (D.L.E).

Turbina de gas

La turbina de ciclo simple (no regenerativa) de dos ejes. En el primer eje está montado el generador de gases con:

- Compresión axial de 17 etapas (las 7 primeras de geometría variable), con relación de compresión 23:1.
- Cámara de combustión única, equipada con sistema de combustión seca de bajas emisiones, D.L.E.
- Turbina de alta presión, axial, de dos etapas.

En el segundo eje se encuentra la turbina de potencia de baja presión, de seis etapas,

Plantas



con una velocidad de rotación de 3.600 rpm, que se encuentra ligada aerodinámicamente con el generador de gases.

Alternador eléctrico

La turbina acciona un alternador Brush de dos polos de 38.117 kVA de potencia nominal, que gira a 3.000 rpm y genera energía a una tensión de 15 kV y a una frecuencia de 50 Hz.

CALDERAS DE RECUPERACIÓN

Los gases de escape de las turbinas se conducen a las calderas asociadas para la generación de vapor mediante recuperación del calor contenido en los mismos. En la planta se han instalado dos generadores de vapor acuotubulares Foster Wheeler, que generan vapor a dos niveles de presión. Están equipadas con quemadores de postcombustión de 25 MW, con cuyo la producción unitaria de vapor que se puede alcanzar es de

- 67,8 t/h de vapor a 83,6 bar y 510 °C.
- 7,0 t/h de vapor saturado a 5,8 bar.

En el sentido de avance de los gases de escape de la turbina de gas hacia el generador de vapor nos encontramos con los siguientes equipos, todos ellos fabricados por Foster Wheeler:

- Sobrecalentador final de alta presión (a continuación del cual se sitúa el quemador).
- Pantalla de alta presión, refrigerada por agua.
- Sobrecalentador primario de alta presión.
- Sección de convección de alta presión, con calderín de alta presión asociado, de 11 m³ aproximadamente.
- Economizador final de alta presión.

- Sección de convección de baja presión, con calderín de baja presión asociado, de 7 m³ aproximadamente.
- Σ Economizador inicial de alta presión.

Todos los módulos de intercambio son de tubos aleteados tipo sierra, menos la pantalla, que es de tubos lisos. Todos los conjuntos de tubos precisan de una estructura metálica de soporte. Una carcasa de acero con aislamiento interna encierra cada módulo.

QUEMADORES

Como ya se ha indicado anteriormente cada caldera de recuperación de vapor está equipada con un quemador de combustión. Estos quemadores son de tipo conducto, y se encuentran situados en una carcasa ubicada entre el sobrecalentador final y la pantalla del sobrecalentador primario. Están diseñados para quemar gas natural, tienen una potencia de 25 MW (PCI) y cuentan con cuatro filas de elementos quemadores.

Por otro lado, se dispone de un sistema de desgasificación térmica común, con desgasificador y tanque de 60 m³.

GRUPO TURBOGENERADOR A VAPOR

El grupo turbogenerador a vapor es suministrado por MAN Turbo AG, y está basado en la turbina modelo MARC-4B20, que permite producir hasta 16,27 MWe a 15 kV. El grupo está diseñado en base al concepto MARC (Modular Arrangement Concept), con disposición flexible de sus componentes.

Turbina de vapor

Se trata de una turbina de vapor de contrapresión, multietapa, de reacción con extracción de vapor a presión intermedia. La extracción se obtiene a partir de dos

extracciones no controladas en cascada. Una extracción a carga elevada y menor presión y otra a baja carga y de mayor presión. La unión se regula en presión. Dispone de escape de vapor de baja presión en vertical (descendente).

Cuenta con una carcasa exterior de función (lado de alta presión) y soldada (lado de baja presión), con aislamiento térmico y acústico.

Alternador eléctrico

La turbina acciona un alternador Converteam, de cuatro polos y 20.463 kVA, refrigerado indirectamente por agua (TEWAC, como los alternadores de las turbinas de gas). Tiene una velocidad de giro de 1.500 rpm, y tensión y frecuencia de generación de 15 kV y 50 Hz respectivamente.

SISTEMAS MECÁNICOS AUXILIARES

Sistema de distribución de vapor

Este sistema es el encargado de recibir el vapor generado en las calderas y el vapor de extracción, así como el vapor de escape de la turbina de vapor y distribuirlo por los distintos niveles de presión (alta, media y baja) para poder entregar vapor bien al proceso de la fábrica de, bien a los procesos internos de la planta de cogeneración, o bien para evacuarlo a la atmósfera. El sistema se compone en concreto de los siguientes elementos:

- Colector general de vapor de alta presión: recibe el vapor procedente de los sobrecalentadores de las dos calderas. Este vapor de alta presión se conduce, en condiciones normales, a las turbinas de vapor, donde se expande a continuación. Eventualmente esta presión puede reducirse (mediante válvulas reductoras) hasta los niveles de media presión y baja presión.
- Colector general de vapor de media presión: recibe el vapor de extracción de la turbina de vapor, y si es necesario, de la citada válvula reductora de alta a media presión. El vapor de media presión del colector es enviado a proceso, con atemperación y medida previas. También se ha previsto una reductora de media a baja presión, que puede operar ocasionalmente.
- Colector general de vapor de baja presión: recibe el vapor de escape de las turbinas y de los calderines de baja presión de las calderas. Eventualmente puede recibir vapor de las reductoras de alta a media y de media a baja. El vapor de baja presión es enviado al proceso, con

Plantas



atemperación y medida previas. De este colector también se extrae el vapor para el desgasificador.

Sistema de gas natural

La Propiedad, S.P.C.G. ha realizado separadamente la Estación de Recepción y Medida de gas natural, que tiene salidas para la cogeneración pero también para otros consumidores de Portucl. El sistema de gas natural de la planta de cogeneración comienza en el punto de entrega dentro de los límites de la central y permite alimentar, en las condiciones adecuadas, a los consumidores (las dos turbinas de gas y los dos quemadores de post-combustión), realizando también un contaje interno de gas para cada consumidor individual.

Sistema de tratamiento de agua

Existen varios equipos de la central de cogeneración que precisan de agua de alta calidad, pero los más importantes son los generadores de vapor, que precisan de agua de alimentación con una calidad mínima determinada, suficiente para que el vapor de entrada al turbogenerador a vapor cumpla con las condiciones requeridas por este equipo.

El agua de alimentación a los generadores de vapor es una mezcla de una parte mayoritaria de condensados de proceso y de una parte menor de agua de reposición, que debe ser tratada antes de su entrada en las calderas de vapor.

La unidad de tratamiento está concebida con dos líneas idénticas e independientes de desmineralización total, cada una con

una columna catiónica, una columna aniónica y lecho mixto. Cada una de estas líneas tiene una capacidad de producción de agua tratada de 70 m³/h, de forma que trabajando en paralelo pueden llegar a producir hasta 140 m³/h. Si bien el caudal de una de las líneas sobrepasa largamente las necesidades normales de agua tratada, ambas líneas son necesarias para suministrar el caudal requerido cuando se produce falta de condensados.

Sistema de refrigeración

Este sistema permite la refrigeración de los circuitos de los distintos equipos de la central (alternadores, sistemas de lubrica-

ción, etc.) a través del intercambio de calor con agua fría. El sistema de refrigeración se compone de:

- Circuito abierto basado en torres de refrigeración (EWK), en las que el agua caliente se enfría y posteriormente se bombea hasta un intercambiador de calor donde se calienta.
- Circuito cerrado que bombea el agua fría obtenida en el anterior intercambiador a un colector general desde el que se salen las líneas a los distintos intercambiadores de los equipos a refrigerar. Las salidas de estos intercambiadores acaban en un colector de retorno dirigido al intercambiador de calor del circuito abierto con el circuito cerrado.

Sistema de agua de alimentación y condensados

Es el encargado de recibir, almacenar y distribuir los distintos tipos de agua. En particular:

- Recibe los condensados que retornan del proceso de fabricación de papel, y los almacena en la central en un tanque de 200 m³ de capacidad.
- Recibe los condensados generados en los colectores y en las líneas de vapor de la central, así como los condensados del proceso de calentamiento del gas natural en la ERM. Todos ellos pasan al tanque.
- Recibe el agua fresca pretratada de fábrica, que es distribuida: a la unidad de tratamiento de agua para la cogeneración, como reposición de las torres del circuito cerrado de refrigeración y de los



Plantas



enfriadores evaporativos, para pre-llenado de los equipos y en general los servicios de la central.

- Recibe agua desmineralizada de la unidad de tratamiento, y la almacena en un tanque de 400 m³
- Bombea agua y condensados al sistema de desgasificación

Sistema de aire comprimido

Para suministrar aire comprimido en las condiciones requeridas por los distintos consumidores de la central, instrumentación y servicios generales se dispone de:

- Dos compresores de aire exentos de aceite, cada uno con capacidad superior al caudal máximo requerido, de forma que uno puede permanecer permanentemente en reserva. La presión de servicio adecuada es de 8 barg.
- Un tanque pulmón de aire comprimido a la salida de compresores.
- Σ Dos sistemas de secado por absorción, también redundantes, con un punto de rocío de - 40 °C. Cada unidad está compuesta de dos torres (una en funcionamiento y otra parada o en regeneración).
- Un tanque pulmón de aire comprimido seco a continuación de las torres.
- Elementos auxiliares tales como filtros, purgadores automáticos, instrumentación propia, válvulas, etc.

EQUIPAMIENTO ELÉCTRICO

Sistema eléctrico de AT, MT y transformadores

Este sistema tiene como finalidad conectar los equipos generadores de electricidad a 15 kV con otros sistemas propios de

la central (servicios auxiliares, puesta a tierra) con la red externa a 60 kV de EDP, a través de la subestación EDP-Sado, y con la subestación interior de distribución a la fábrica de papel (tanto a 60 kV como a 15 kV). El sistema se divide en:

- Equipamiento propio de los grupos generadores (alternadores y equipamiento auxiliar, ya expuestos anteriormente).
- Σ Conjunto de cabinas a 15 kV
- Subestación compacta tipo GIS (Gas Insulated Switchgear) a 60 kV y otro equipamiento a esta tensión.
- Tres transformadores principales 60/15 kV que conectan las cabinas con la subestación GIS.
- Dos transformadores de servicios auxiliares 15/0,4 kV.
- Sistemas de puesta a tierra.
- Sistemas de protección, medida, regulación y sincronización.
- Cables de potencia y control

Sistema eléctrico de BT e iluminación

Suministra electricidad en baja tensión a los cuadros eléctricos y a los equipos de la central que lo precisan, incluyendo la instalación de iluminación, tanto interior como exterior.

La potencia requerida es suministrada (en condiciones normales) por dos transformadores de servicios auxiliares (ambos energizados pero no en paralelo). Para casos de emergencia los consumidores esenciales pueden ser alimentados a través de un generador diesel de emergencia.

Cada transformador de servicios auxiliares está unido a un cuadro general de distribución. Desde cada uno de estos cuadros se pueden alimentar todos los consumos en BT de la central, organizados en distin-

tos subcuadros y centros de control de motores.

El sistema se completa con la iluminación (interior, exterior y de emergencia) y tomas de corriente.

SISTEMA DE CONTROL DISTRIBUIDO (DCS)

La central cuenta con un sistema de control distribuido (DCS) para controlar determinados procesos y operaciones, y supervisar el conjunto de la central. Está basado en el sistema Experion PKS de Honeywell, compatible con el sistema previsto para la nueva fábrica.

El concepto para integración de los distintos equipos y procesos es el siguiente:

- Turbinas de gas: Disponen de sistema de control y protección propio de cada turbina, con estaciones de operación (HMI) diferenciadas. Por comunicación directa se pueden dar órdenes y consignas desde el DCS.
- Calderas de vapor: El DCS realiza los lazos de control de las calderas a partir de las señales de E/S concentradas en las cajas de campo (JBs).
- Sistema de gestión de los quemadores (BMS) y sistema de seguridad de los generadores de vapor (BPS) son realizados por PLCs propios, que comunican con el DCS para envío de información.
- Turbina de vapor: También tiene sistema de control propio, y comunicación con el DCS.
- Unidad de tratamiento de agua: El DCS realiza los lazos de control y gestión de funcionamiento de la unidad.
- Sistema de aire comprimido: Los compresores y secadores disponen de paneles locales de control de cada unidad, que se comunican con el DCS, que puede operar sobre los equipos.
- Sistema de aire acondicionado del edificio: No está relacionado con el proceso de la cogeneración y tiene sistema de control propio, aunque se comunica el DCS y éste puede operar sobre aquél.
- Procesos de los sistemas de alimentación y distribución de agua, vapor y condensados: los lazos son realizados por el DCS.
- Centros de control de motores, variadores, arrancadores: gestión e información por el DCS.
- ERM de gas natural: control desde el DCS
- Sistema eléctrico de MT y AT: la gestión se realiza desde el SCADA existente (ampliado para la nueva instalación), pero el DCS interviene en la definición de los órdenes de los modos de operación.