

Planta de cogeneración en ciclo combinado, de 14 MW, para una fábrica de papel en Guipúzcoa

Papel Aralar disponía de una planta de cogeneración de 9 MW en Amezketa (Guipuzcoa), consistente en una turbina de gas en ciclo simple y un motor de gas, para cubrir las demandas energéticas de su fábrica de papel. De las evaluaciones técnico-económicas realizadas para su renovación tras 15 años en el Régimen Especial, se concluyó que la mejor opción era una planta completamente nueva de 14 MW, con configuración de ciclo combinado (turbina de gas, caldera de recuperación y turbina de vapor), cuya construcción se ejecutó al año pasado y cuya puesta en marcha se ha realizado en abril y mayo. Papel Aralar contrató a la empresa de ingeniería AESA la dirección de proyecto, ingeniería, gestión de permisos, asistencia a la gestión de compras, dirección de obra y la asistencia en la puesta en marcha de la planta de cogeneración.

Carlos Guijarro - Dirección de Proyectos, AE, S.A. Asesoría Energética

A finales de 2009 el Consejo de Administración de Papel Aralar aprobó la inversión del proyecto de cogeneración en ciclo combinado, para la generación de vapor y electricidad y reduciendo el coste de fabricación de papel, de modo que Papel Aralar pueda mantener su capacidad competitiva en el mercado con la producción de papeles especiales de embalaje flexible, destinados al sector alimentario y sanitario.

Para satisfacer las demandas energéticas de la fábrica, incrementadas con la reforma y ampliación reciente de una máquina de papel, se decidió la construcción de una planta de cogeneración de aproximadamente 14 MW, en ciclo combinado, que puede ser ampliada con una turbina de vapor de condensación, en cuyo caso se llegaría a 15 MW.

MODOS DE OPERACIÓN

La situación normal de operación es la de la central en paralelo con red, con turbina de gas, caldera y turbina de vapor funcionando en ciclo combinado, a la carga que resulte de las necesidades térmicas del proceso papelerero.

A la salida de turbina, se dispone de un *by-pass* de gases previo a la entrada en caldera. En la situación habitual de funcionamiento el *by-pass* está totalmente abierto hacia caldera, y en caso de alta demanda de vapor entra en operación el quemador de postcombustión. En caso de baja demanda de vapor, el *by-pass* evacúa a la atmósfera los gases sobrantes.

También se ha previsto el modo de operación de funcionamiento en isla con turbina de gas, en caso de desconexión de la red. En esta situación, abrirían las válvulas de *by-pass* de turbina de vapor, para reducir la presión de vapor de caldera a las presiones de fábrica.

En caso de indisponibilidad de los equipos principales, se dispone de calderas convencionales para la generación de vapor.

CONFIGURACIÓN Y EQUIPOS PRINCIPALES

La central cuenta, como equipos principales, con una turbina de gas de 12,5 MW ISO, una turbina de vapor de contrapresión de 1,4 MW en máxima producción, y un generador de vapor de recuperación de gases de escape de la turbina, equipado con un quemador de postcombustión, que per-

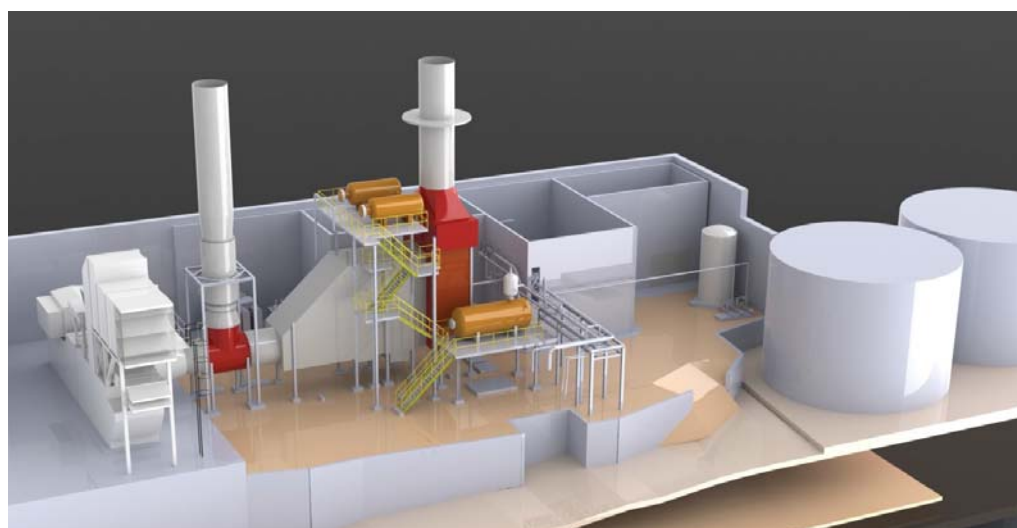


mite aumentar la cantidad de vapor en situaciones puntas de demanda. El diseño de la planta permite la ampliación con una turbina de condensación de 0,9 MW, que no se ha acometido por la capacidad actual de la red para recibir este exceso de potencia.

La implantación de los equipos contempla la instalación a intemperie tanto del grupo turbogenerador a gas como de la caldera de recuperación, mientras que el grupo turbogenerador a vapor se ubica en un edificio que cuenta también con salas para el sistema de tratamiento de agua, así como cuadros y equipos de sistemas eléctricos, de control, y otros auxiliares.

GRUPO TURBOGENERADOR A GAS

El grupo turbogenerador a gas instalado en la planta de cogeneración de Papel Aralar en Amezketa es el modelo SGT-400 de Sie-



mens, de 12,5 MW ISO, que permite producir en emplazamiento 12,6 MW a 6 kV, utilizando gas natural como combustible. Gracias al sistema DLE del grupo turbogenerador, las concentraciones resultantes tanto de NO_x como de CO son reducidas y muy inferiores a los máximos permitidos.

Turbina de gas

La turbina es de ciclo simple (no regenerativo) de dos ejes. En el primer eje está montado el generador de gases con los siguientes elementos:

- Compresor axial de 11 etapas, con relación de compresión 16,7:1.
- Sistema de seis cámaras de combustión con un inyector por cámara, equipado con sistema de combustión seca DLE (*Dry Low Emissions*), diseñado para conseguir niveles bajos de NO_x y CO.
- Turbina de alta presión, axial, de dos etapas, de accionamiento del compresor axial.

En el segundo eje se encuentra la turbina de potencia de baja presión, de dos etapas, con una velocidad de rotación de 9.500 rpm.

Alternador eléctrico

La turbina de gas acciona un alternador Convertteam de dos pares de polos de 16.750 kVA de potencia nominal, refrigerado por aire, que gira a 1.500 rpm y genera energía a una tensión de 6 kV a una frecuencia de 50 Hz.

CALDERA DE RECUPERACIÓN

Los gases de escape de turbina de gas son conducidos a la caldera para la pro-



ducción de vapor mediante recuperación de la energía térmica contenida en los mismos. En la planta se ha instalado un generador de vapor acuotubular Aitesa, que genera vapor a dos niveles de presión, con circulación natural (40 bara) y forzada (7 bara).

La caldera está equipada con un quemador de postcombustión de 2 MW, con lo que la producción de vapor que se puede alcanzar es de 23,5 t/h de vapor a 40 bara y 400 °C y 2,1 t/h de vapor saturado a 7 bara.

Tras la salida de gases de turbina de gas, se encuentran la válvula de *by-pass* (Stejasa) y el quemador de post-combustión (Eclipse, de 2 MW).

Ya en el propio cuerpo de caldera y en el sentido de avance de los gases de escape de la turbina hacia el generador, se encuentran los siguientes equipos:

- Sobrecalentador de alta presión.
- Evaporador de alta presión, donde se produce la evaporación del agua a alta presión por circulación natural, con calderín asociado.

- Economizador de alta presión, donde se precalienta el agua antes de ser introducida en el calderín de alta presión.
- Evaporador de baja presión, con calderín de baja presión y con circulación forzada.
- Economizador de alta y baja presión, donde se precalienta el agua para distribuirla al economizador de alta presión por una parte, y al calderín de baja presión por la otra.
- Todos los módulos de intercambio son de tubos aleteados tipo sierra. Una envolvente estanca de chapa de acero al carbono encierra la caldera, internamente revestida por lana mineral y fibra cerámica.

El suministro del generador de vapor se completa con las bombas de alimentación AP y BP, el desgasificador, el tanque *flash* de purga continua, el tanque de enfriamiento de purgas, silenciadores de vapor, instrumentación de campo y cuadros de fuerza y mando.

GRUPO TURBOGENERADOR A VAPOR

El grupo turbogenerador a vapor es suministrado de Pach y CIA, y está basado en una turbina de contrapresión, que permite producir hasta 1,4 MW a 6 kV, y ampliable con turbina de condensación de 0,9 MW a 6 kV.

Turbina de vapor

La turbina de vapor a contrapresión es un modelo KKK CFR33 de dos etapas, para expansión desde 40 bara hasta 11 bara (primera etapa) y 7 bara (segunda etapa) con extracción intermedia a 11 bara. Incorpora reductor integrado, acoplamiento elástico, sellado de eje y sistema de admisión de vapor. El turbogruppo es ampliable con una turbina de condensación modelo KKK AFA6, de una etapa, de 7 bara a 0,08 bara.



Alternador eléctrico

La turbina de vapor acciona un alternador Leroy Somer de 2 pares de polos de 2.900 kVA de potencia nominal (dimensionado incluyendo la posible ampliación con turbina de condensación), que gira a 1.500 rpm y genera electricidad a una tensión de 6 kV a una frecuencia de 50 Hz.

SISTEMAS MECÁNICOS AUXILIARES

Sistema de distribución de vapor

Dicho sistema tiene como misión la conducción del vapor generado en la caldera, a la turbina de vapor (a 40 bara) y a fábrica (a 7 bara), y la distribución de la extracción y escape de turbina de vapor para entrega al proceso productivo de fábrica a las presiones requeridas (11 bara y 7 bara).

El sistema está compuesto por los siguientes elementos:

- Sistema de vapor de alta presión (40 bara): recibe el vapor procedente del sobrecalentador de la caldera de recuperación con postcombustión, para su conducción a la turbina de vapor, donde se expande a continuación. Este vapor puede reducir su presión mediante válvulas reductoras (*by-pass* de turbina de vapor) hasta los niveles de presión requeridos por fábrica.
- Sistema de vapor de media presión (11 bara): recibe el vapor de extracción de la turbina de contrapresión, y si es necesario de la válvula reductora de alta a media presión, para su atemperación final y medida previos a su conducción a proceso de fábrica.
- Sistema de vapor de baja presión (7 bara): recibe el vapor de baja presión generado en la caldera y el vapor de escape de turbina de contrapresión, y si es necesario de la válvula reductora de alta a baja presión, para su atemperación y medida previos a su envío a proceso de fábrica.

Sistema de gas natural

Este sistema se encarga de suministrar el gas natural recibido de la compañía, en el punto de entrega de los límites de la central, a través de estaciones de regulación y medida (ERM) en AP y BP a los consumidores de cogeneración y fábrica.

Se ha realizado una modificación de la ERM de AP existente y su sistema de control de gas para alimentación a turbina.



Asimismo se ha realizado una derivación de la ERM de BP existente para alimentación al quemador de postcombustión de caldera.

La presión normal de suministro es de 14-16 barg, insuficiente para la turbina de gas, que trabaja a una presión mínima de 22 barg. Por ello el sistema cuenta con un compresor de gas suministrado por ABC Compresores.

Se trata de un compresor modelo 1EHP-1-GT/230 de disposición horizontal, de una etapa de compresión, con un cilindro opuesto de doble efecto sin engrase, y refrigerado por agua; con sistema de regulación automática de carga y sistema de amortiguación de pulsaciones para reducir oscilaciones de presión y lograr la estabilidad de presión en el suministro de combustible a turbina.

Sistema de tratamiento de agua

El generador de vapor precisa de agua de alimentación con una calidad mínima determinada, suficiente para que el vapor de entrada a turbina cumpla con las condiciones requeridas por el equipo.

El agua de alimentación a caldera es una mezcla de condensados de proceso (aprox. 90%) y aporte de agua de reposición, que debe ser tratada antes de su entrada en caldera.

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

cada una con pretratamiento, grupo osmotizador y desmineralización fina por lecho mixto. Cada una de las líneas tiene capacidad para 3 m³/h de agua tratada (caudal de agua de reposición requerido en condiciones normales), de forma que en paralelo pueden producir hasta 6 m³/h.

Sistema de agua de alimentación y condensados

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

- Los condensados que retornan del proceso de fabricación de papel se almacenan en un tanque existente de aprox. 14 m³ de capacidad, desde el que se bombean al desgasificador de caldera, y a las calderas convencionales existentes (en caso de indisponibilidad de vapor de cogeneración).
- Para la producción de agua de reposición, en fábrica se realiza una toma de agua de río, y tras una filtración previa, se bombea al sistema de tratamiento de agua mencionado.
- El agua desmineralizada producida se almacena en un tanque de agua desmineralizada de 25 m³, desde el que se alimenta mediante bombeo el desgasificador (alimentación de caldera) y, en caso necesario, el tanque de condensados existente (para alimentación de las calderas convencionales de fábrica).
- Adicionalmente, se ha previsto un sistema de precalentamiento de agua de alimentación al sistema de tratamiento de agua.



Sistema de aire comprimido

Para el suministro de aire comprimido en las condiciones necesarias para los consumidores de la central, instrumentación y equipos auxiliares, se ha previsto la alimentación desde compresores existentes en fábrica, añadiendo un secador de adsorción, dos filtros de alta eficiencia y un tanque pulmón de 1 m³.

EQUIPAMIENTO ELÉCTRICO

Sistema eléctrico de AT, MT y transformadores

Este sistema tiene como finalidad conectar los equipos generadores de electricidad a 6 kV con los consumos propios de la central, así como con la red externa de 30 kV de Iberdrola y con la distribución a fábrica del usuario.

El sistema consta de:

- Celdas de MT de interconexión con la compañía eléctrica Iberdrola, mediante

celdas de 30 kV con envolvente metálica y aislamiento integral de SF₆, en edificio de interconexión (sustitución de aparellaje intemperie existente), y conexión con celdas de distribución a fábrica y a cogeneración.

- Celdas de MT de cogeneración, mediante celdas de 30 kV con envolvente metálica y aislamiento integral de SF₆, en edificio de cogeneración, para conexión con alternadores y transformador de servicios auxiliares.
- Transformadores 30/6 kV para conexión de los alternadores de turbina de gas (17 MVA) y turbina de vapor (3 MVA).
- Transformador de servicios auxiliares 30/0,4 kV de 1,25 MVA.
- Equipamiento propio de los grupos generadores (alternadores y equipamiento auxiliar).
- Sistemas de protección, medida, regulación y sincronización.
- Cableado de potencia (30 kV y 6 kV) y control.
- Sistemas de puesta a tierra.

Sistema eléctrico de BT

Tiene como finalidad el suministro en baja tensión (400 V) a los sistemas de la central que lo precisan, así como para alumbrado interior y exterior.

La potencia requerida en baja tensión se toma del transformador de servicios auxiliares.

La instalación de baja tensión consta de:

- Cuadro general de distribución en baja tensión.
- Cuadros y centros de control de motores (turbina de gas, generador de vapor, tur-

bina de vapor, tratamiento de agua, compresor de gas, control de equipos, etc.).

- Instalación de alumbrado (interior, exterior y de emergencia) y tomas de corriente.
- Cableado de potencia y control.

SISTEMA DE CONTROL DISTRIBUIDO

La central de cogeneración cuenta con un sistema de control distribuido (DCS) que permite controlar determinados procesos y operaciones, y supervisar el conjunto de la central. Diseñado y suministrado por SIGE, está basado en el sistema PCS7 de Siemens.

Consta de los siguientes elementos:

- Turbina de gas y turbina de vapor disponen de su propio sistema de control, con lógica centralizada en PLC.
- El resto de equipos de la planta se controlan mediante un PLC S7-400 de Siemens y DCS con dos estaciones de ingeniería y operación desde las cuales se realizan los lazos de control, gestión de alarmas y enclavamientos de caldera de recuperación, compresor de gas, tratamiento de agua, bombas y otros equipos auxiliares no incorporados en los sistemas de control de equipos principales.
- El PLC adicionalmente comunica con equipos de contaje térmico (vapor, condensados y agua), analizadores de redes y correctores de gas natural, para el correcto seguimiento de consumos, producciones y rendimientos de la planta.
- Sistema de Adquisición de Datos y Supervisión (SAD) que mediante comunicación con el PLC permite la captación de señales analógicas y digitales de todos los equipos de la planta, de modo que sea posible la supervisión de la planta en su totalidad (almacenamiento de información, cálculos de prestaciones, generación de informes de explotación, etc.).

