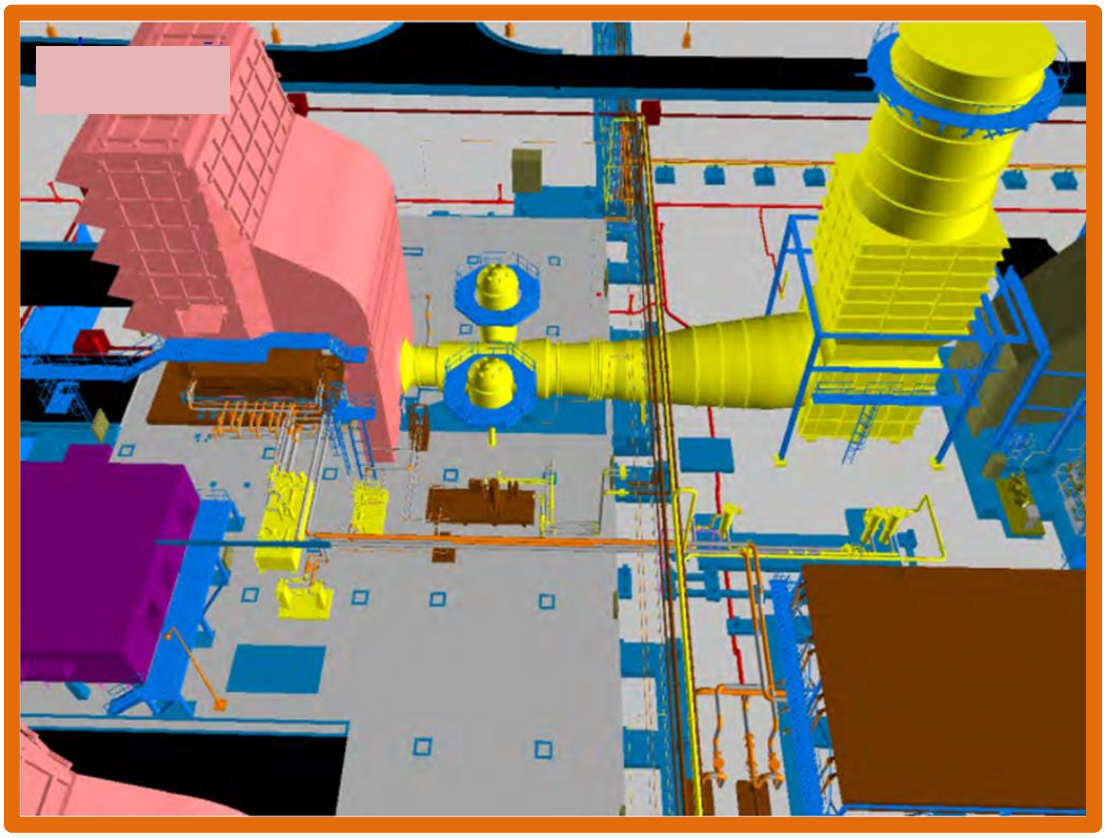
الأجزاء الرئيسية للتوربين الغازي V94.2
من وجهة نظر ميكانيكية



The main parts of the V94.2 gas turbine from a mechanical point of view

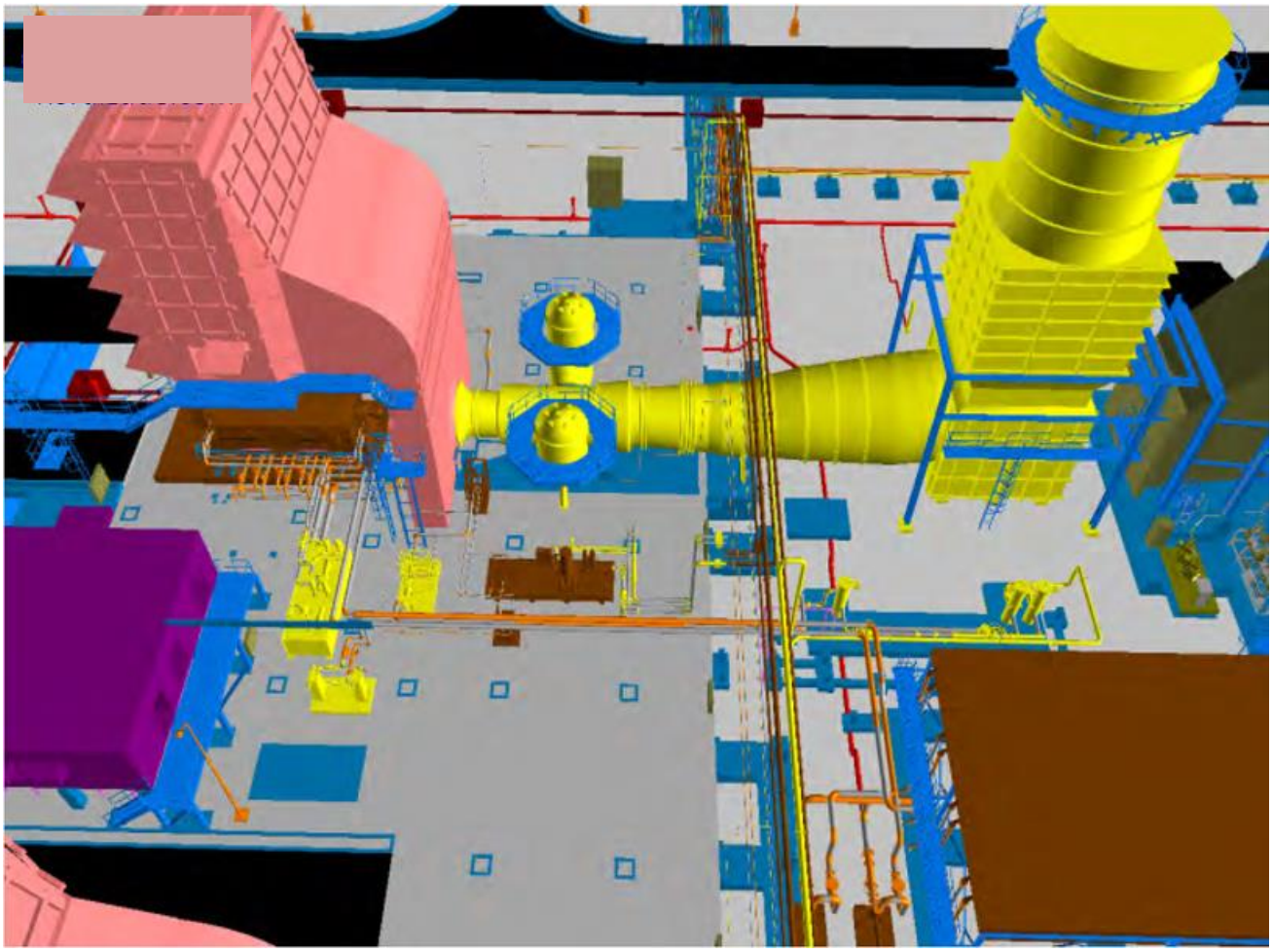
إعداد
المهندس عدنان بهجت جليل

جدول المحتويات Table of Content

الموضوع	الصفحة
مقدمة Introduction	٢
مواصفات التوربين الغازي V94.2 Specifications of Gas Turbine	٣
الأجزاء الرئيسية للتوربين الغازي V94.2 من وجهة نظر ميكانيكية منظومة مدخل الهواء Air inlet system	٥
التوربين الغازي Gas turbine system V94.2	١٠
منظومات وقود التوربين الغازي V94.2 Gas turbine fuel systems	١٥
نظام وقود الغاز للتوربين الغازي V94.2 Gas turbine gas fuel system	١٦
منظومة الوقود السائل للتوربين الغازي Liquid fuel system turbine V94.2	١٩
منظومة الإشعال للتوربين الغازي V94.2 Gas turbine ignition system	٢١
منظومة عادم التوربين الغازي Gas turbine exhaust system V94.2	٢٢
منظومة التزييت والرفع للتوربين الغازي Gas turbine Lubrication and lifting systems V94.2	٢٣
منظومة الزيت الهيدروليكي للتوربين الغازي Hydraulic oil system of gas turbine V94.2	٢٥
منظومة تبريد التوربين الغازي Gas turbine cooling system V94.2	٢٦
موازنة المحطة (Balance of plant (BOP : Gas turbine V94.2 منظومة البخار المساعد Auxiliary steam system	٢٨
منظومة إطفاء حريق التوربين الغازي Gas turbine fire extinguishing system V94.2	٢٩
منظومة معالجة المياه Water treatment system منظومة معالجة مياه الصرف الصحي Wastewater treatment system منظومة التدفئة والتبريد Heating and cooling system	٣١
الرافعات Cranes	٣٢
وضع التوقف المفاجيء للتوربين الغازي V94.2 في ظروف مختلفة - التوربين الغازي V94.2 في الوضع الطبيعي Normal mode	٣٣
- التوربين الغازي V94.2 في وضع التعتيم (إنقطاع التيار) Blackout mode	٣٤
المراجع References	٣٥

مقدمة Introduction

تعد التوربينات الغازية (V94.2 Type 5) ذات القدرة المقدرة (ميكاواط 162 MW) وكفاءة Efficiency (34.9 %) واحدة من التوربينات الغازية الثقيلة Heavy-duty gas turbines المستخدمة في محطات الطاقة الحرارية Thermal power plants لتحريك وإدارة المولدات generators . يمكن أيضا إستخدام هذا التوربين ، الذي يناسب شكل توربينات أحادية المحور Single-axis ، في دورات مشتركة Combined cycles ، وبالتالي فهو ذو أهمية كبيرة لمستثمري محطات الطاقة . تعد إمكانية الوصول والموثوقية العالية للأداء Reliability of performance ، فضلا عن التكلفة المنخفضة مقابل السعة أو القدرة الإنتاجية Production capacity العالية من أهم العوامل الإقتصادية لهذا النوع من التوربينات . أدت درجة حرارة المائع المناسبة عند مدخل التوربين (درجة مئوية 1060 C°) إلى زيادة فترات الصيانة Maintenance intervals وإمكانية الوصول وتقليل تكاليف الخدمة والصيانة . كما أن لديها القدرة على استخدام وقود الغاز والديزل Gas and diesel fuels ، وهو عامل مهم في قدرة التوربين .

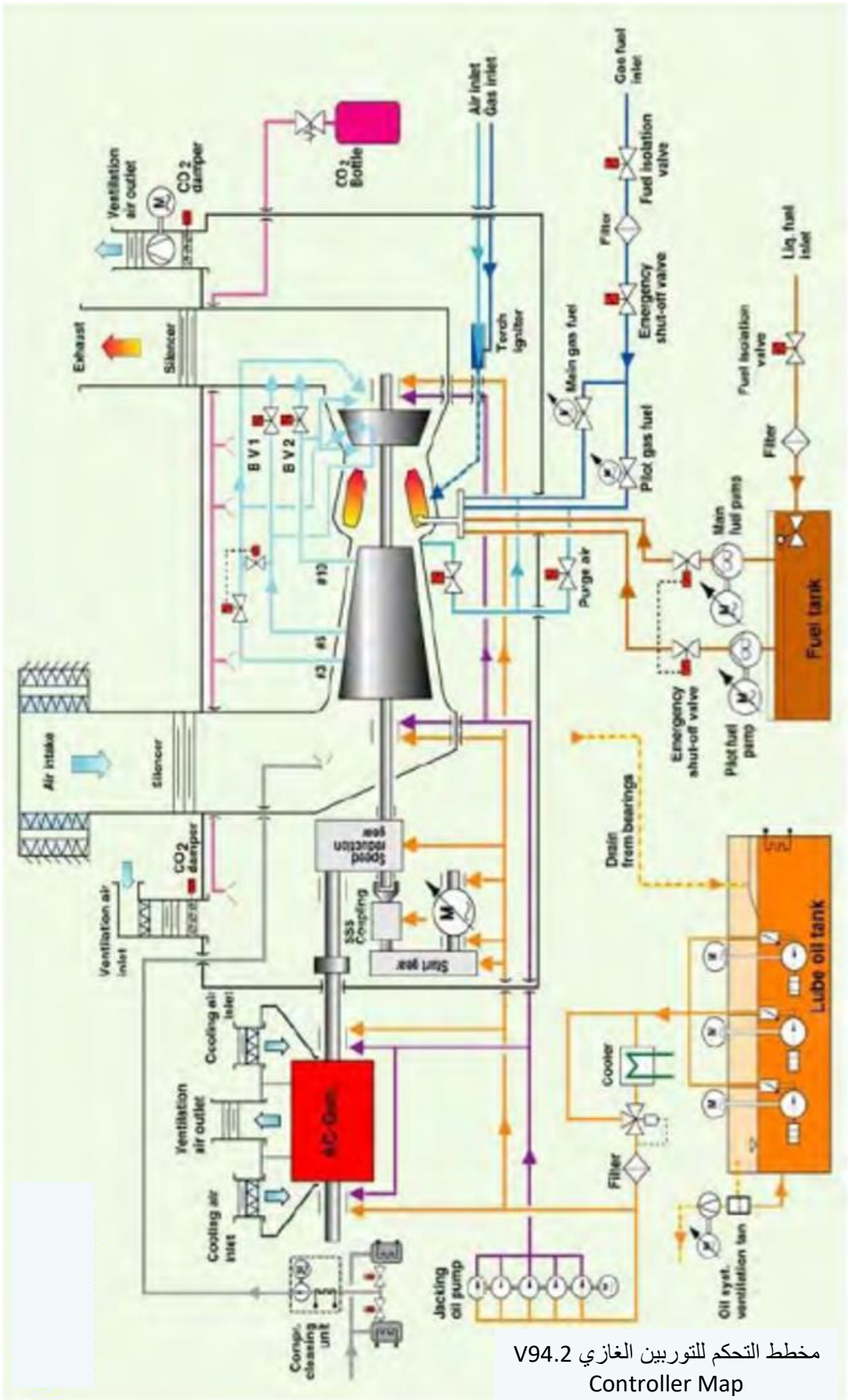


مخطط عام للتوربين الغازي V94.2

مواصفات التوربين الغازي V94.2 Specifications of Gas Turbine

المواصفات العامة للتوربين الغازي V94.2 هي :
١) أحادي الجانب (أحادي المحور) One-sided .
٢) تحريك وتشغيل من الطرف البارد Cold End Drive .
٣) أثنان من المحروقات الغاز الطبيعي Natural gas والديزل .
٤) تشغيل عالي للتوربين .
٥) تردد التشغيل (50 HZ) Operating frequency .
٦) سرعة العمود الدوار Shaft speed أثناء التشغيل دورة\دقيقة (3000 rpm) . وهو الأنسب لتدوير المولد في الحمل الأساسي Base load والحد الأقصى للحمل Maximum load .

تشمل المواصفات الأخرى للتوربين الغازي V94.2 ما يلي :
١) صف ريش ثابتة Fixed blade row بزاوية متغيرة عند مدخل الضاغط لضبط معدل تدفق الهواء الداخل Inlet air flow rate (ريش توجيه المدخل Inlet Guide Vane) .
٢) ضاغط Compressor (16 مرحلة Stage) .
٣) نسبة الضغط Pressure ratio (11.7) .
٤) وجود ريش توجيه مدخل قابلة للتعديل Adjustable inlet guide blades (تثبيت درجة حرارة غاز العادم Exhaust gas temperature فوق (50%) من حمل الأساس) .
٥) وجود خطين لتصريف أو تنفيس الهواء Blow off lines في المرحلة (5) وخط آخر في المرحلة (10) (لتوفير تشغيل مستقر Stable operation عند بدء تشغيل التوربين ومنع عدم إستقرار الضاغط) .
٦) توربين (4) مراحل .
٧) محامل إنزلاقية (شعاعية أو بسيطة) Journal bearings على جانبي المولد Generator وفي نهاية التوربين وعدد من المحامل المدمجة أو المركبة Combination bearings للدفع المحوري وللضاغط عموما
٨) غرفتا إحتراق عمودية صومعية (بُرجية) الشكل Vertical silo combustion chambers على جانبي مجموعة الشاحن التوربيني Turbocharger set .
٩) مشاعل مركبة (مختلطة) Combination burners عدد (16) .

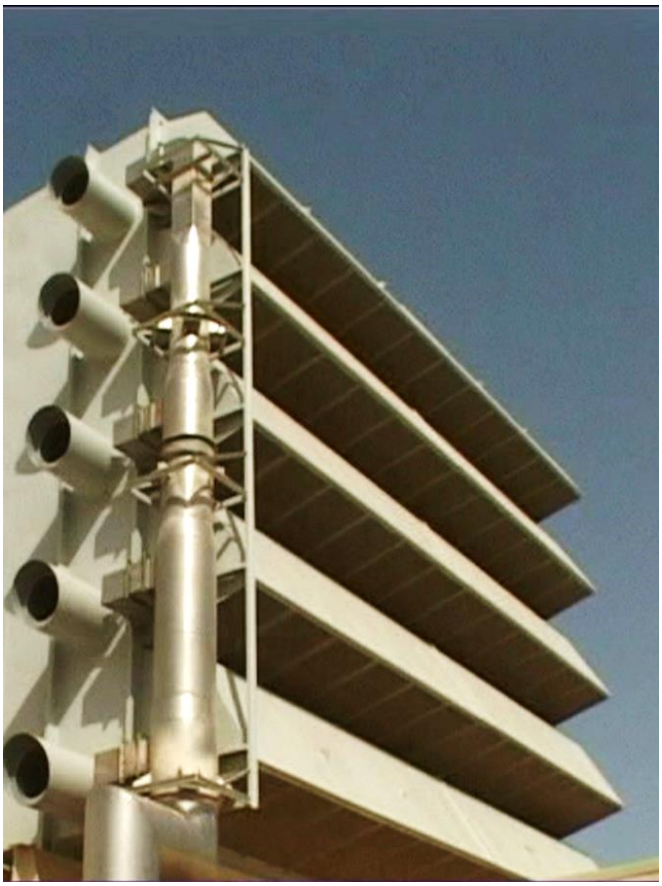


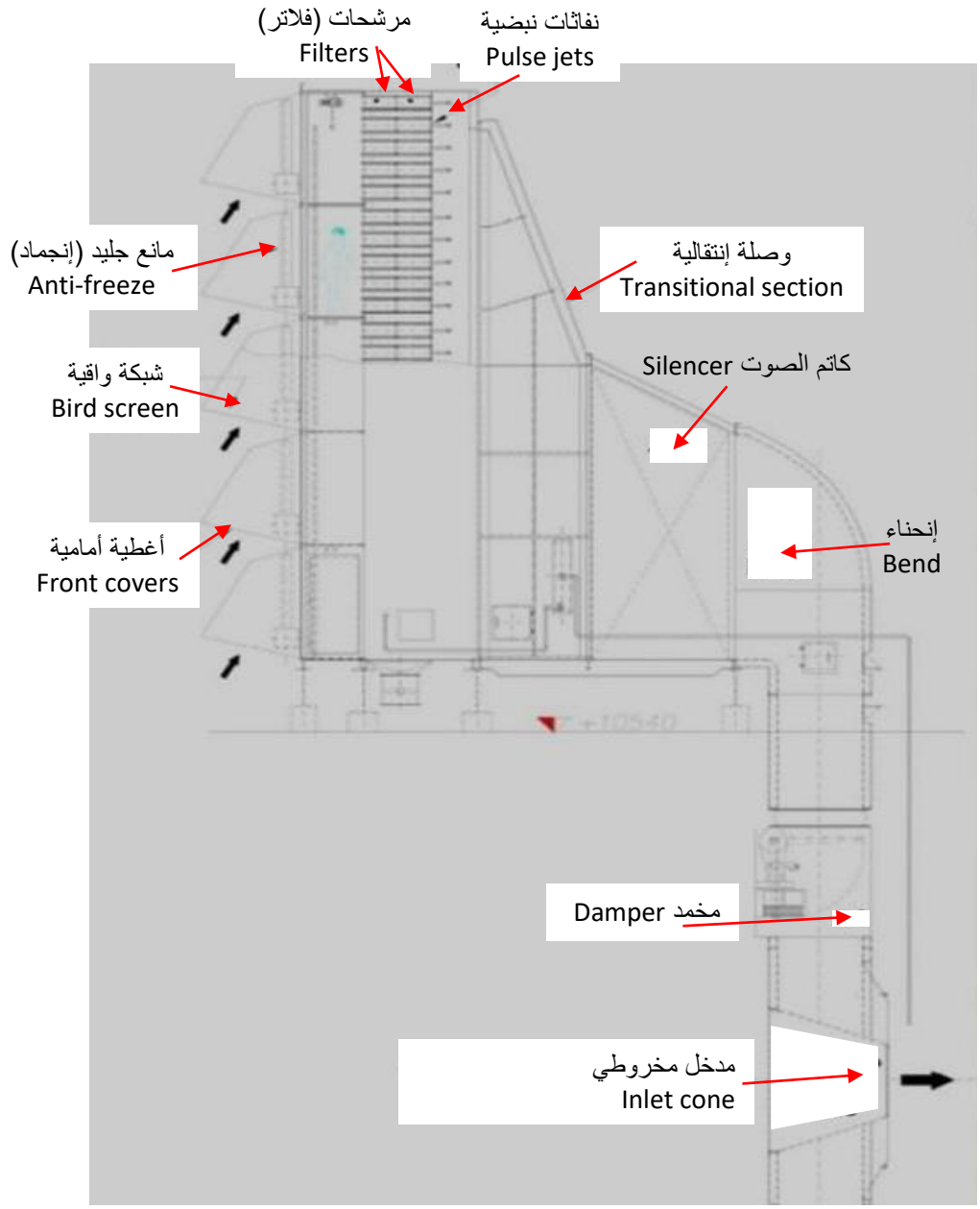
مخطط التحكم للتوربين الغازي V94.2
Controller Map

القدرة الناتجة عند الحمل الأساس للتوربين الغازي V94.2 في الظروف القياسية (الآيزو ISO) هي :
١) 162 MW بوقود الغاز .
٢) 159 MW بوقود الديزل .
يتم إحتراق وقود الغاز و وقود الديزل في غرفتي إحتراق متماثلتين مع عدة مشاعل تقع على جانبي التوربين ، وتحتوي كل غرفة إحتراق على (8) مشاعل . المولد متصل بمجموعة الضاغط للضاغط التوربيني Turbo compressor من خلال عمود Shaft . يتم نقل الطاقة التي يولدها المولد إلى الوحدة Unit والمحولات الرئيسية Main transformers عبر منظومة نقل وتوصيل Bus system .
تصل غازات العادم Exhaust gases إلى الضغط الجوي Atmospheric pressure عند درجة حرارة تقريبية تبلغ (درجة مئوية 545 C°) عن طريق ناشر مركزي Central diffuser . يدخل غاز العادم إلى الهواء الطلق Open air من خلال عادم عمودي Vertical exhaust (يتم ذلك إذا لم يتم دمج وحدة الدورة Combined cycle unit وإذا تم دمجها ، فإنها تدخل المرجل Boiler) .

الأجزاء الرئيسية للتوربين الغازي V94.2 من وجهة نظر ميكانيكية
The main parts of the V94.2 gas turbine from a mechanical point of view

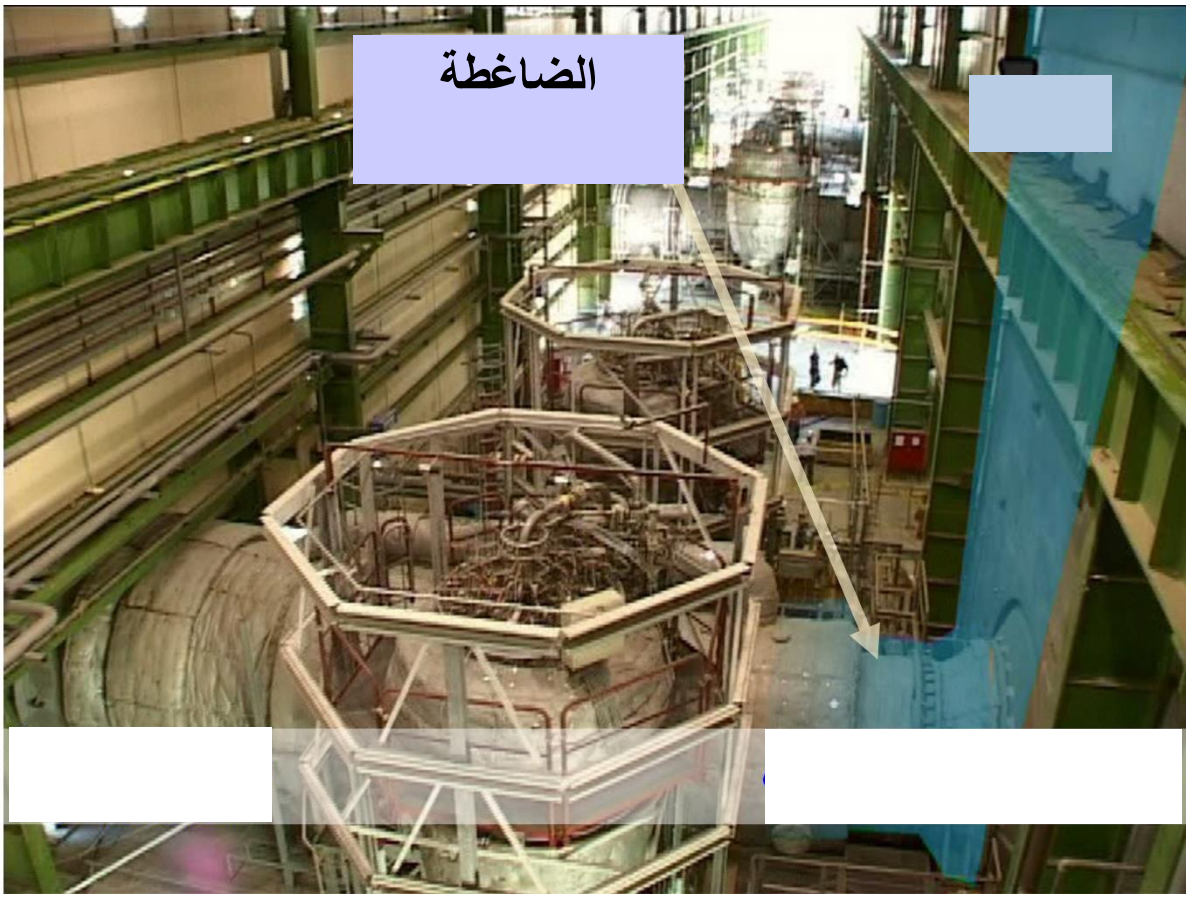
منظومة مدخل الهواء Air inlet system





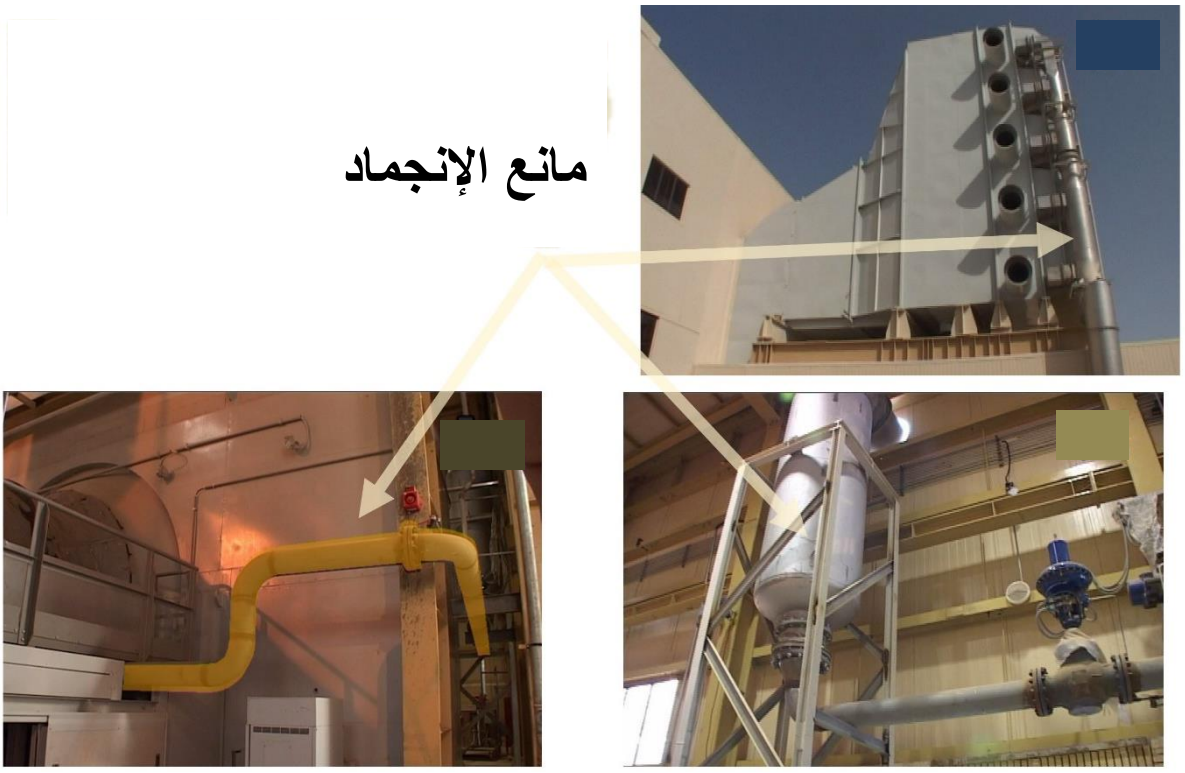
إن منظومة سحب الهواء من التوربين الغازي V94.2 مسؤول عن توفير هواء نظيف وجاف Dry وتوجيهه إلى الضاغط .

يقع مدخل الهواء على إرتفاع (متر 10-22 m) فوق سطح الأرض . يدخل الهواء إلى النظام من خلال فتحة كبيرة تشبه القلنسوة أو المصد أو غطاء المحرك Hood . في المرحلة الأولى ، يتم فصل المواد أو الأجسام الكبيرة عن الهواء .

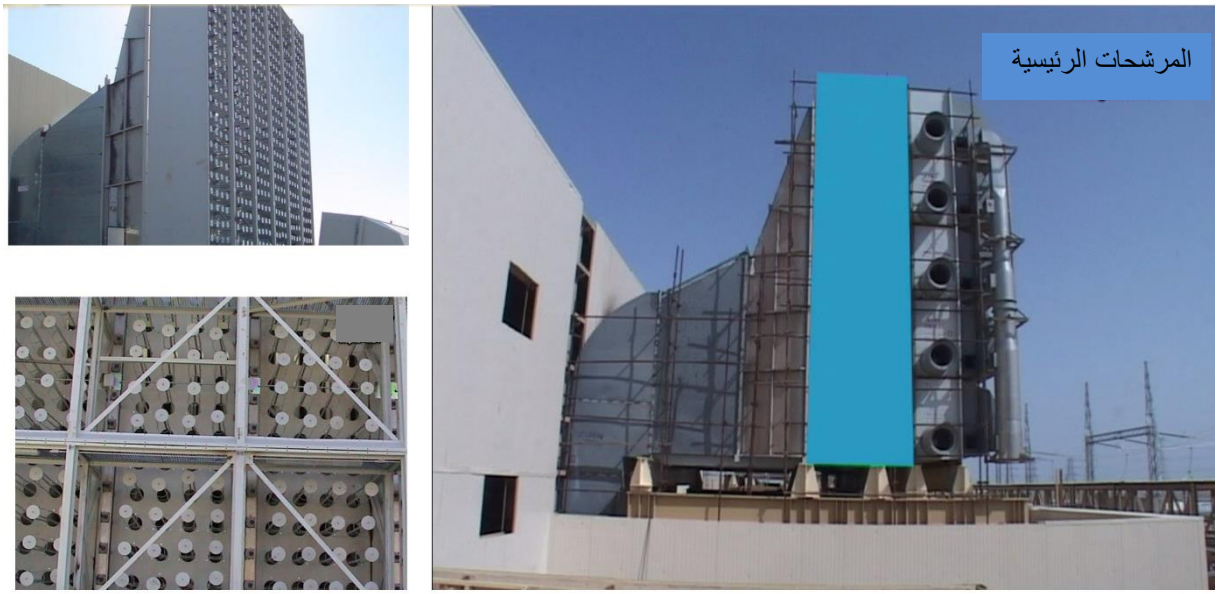

الضاغطة

10 - 22 m

بعد هذه المرحلة ، يوجد نظام مضاد للتجمد Anti-freeze أو مضاد للجليد Anti-icing ، والذي يأخذ في الطقس الحار الهواء الساخن والمضغوط من المرحلة الأخيرة للضاغط ويخلطه مع الهواء الوارد (القادم) .

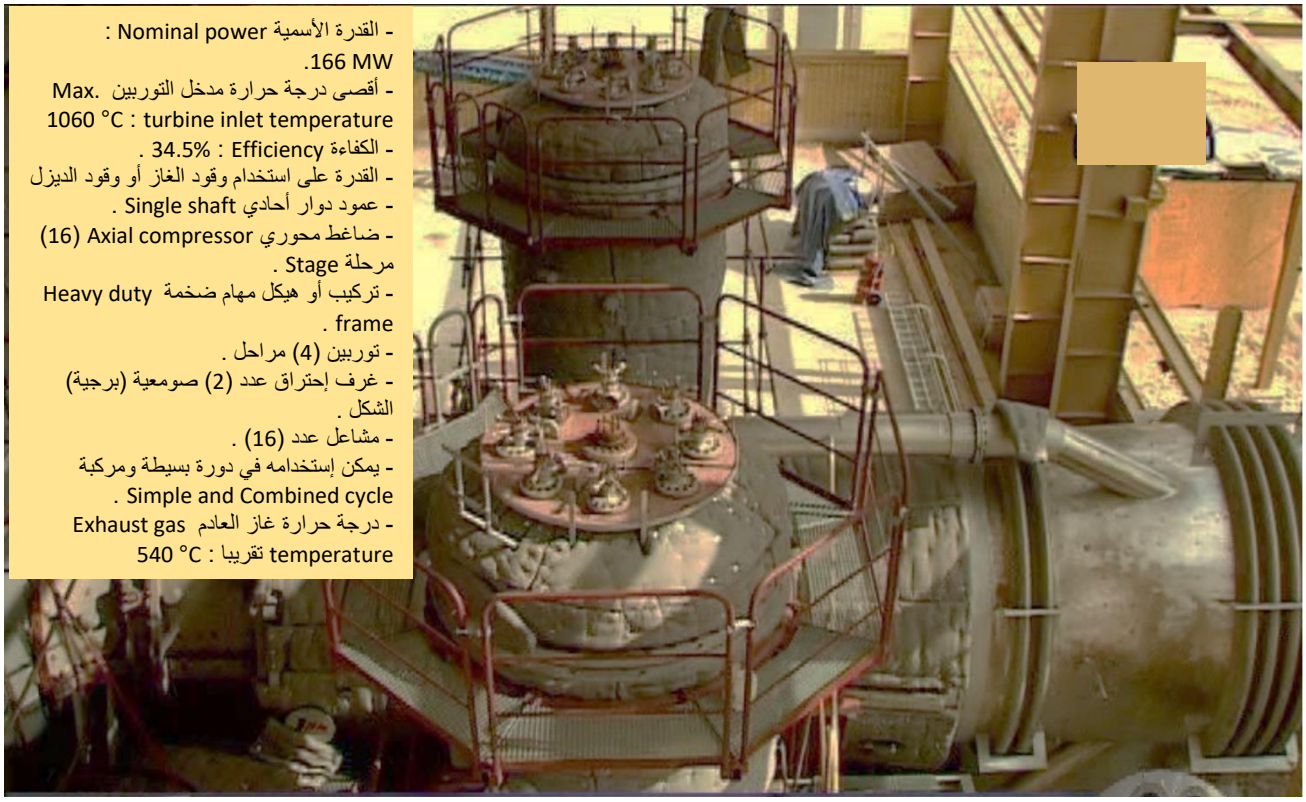


بعد ذلك هنالك مصيدة الرمال Sand trap ثم المرشحات (الفلاتر) الرئيسية Main filters .



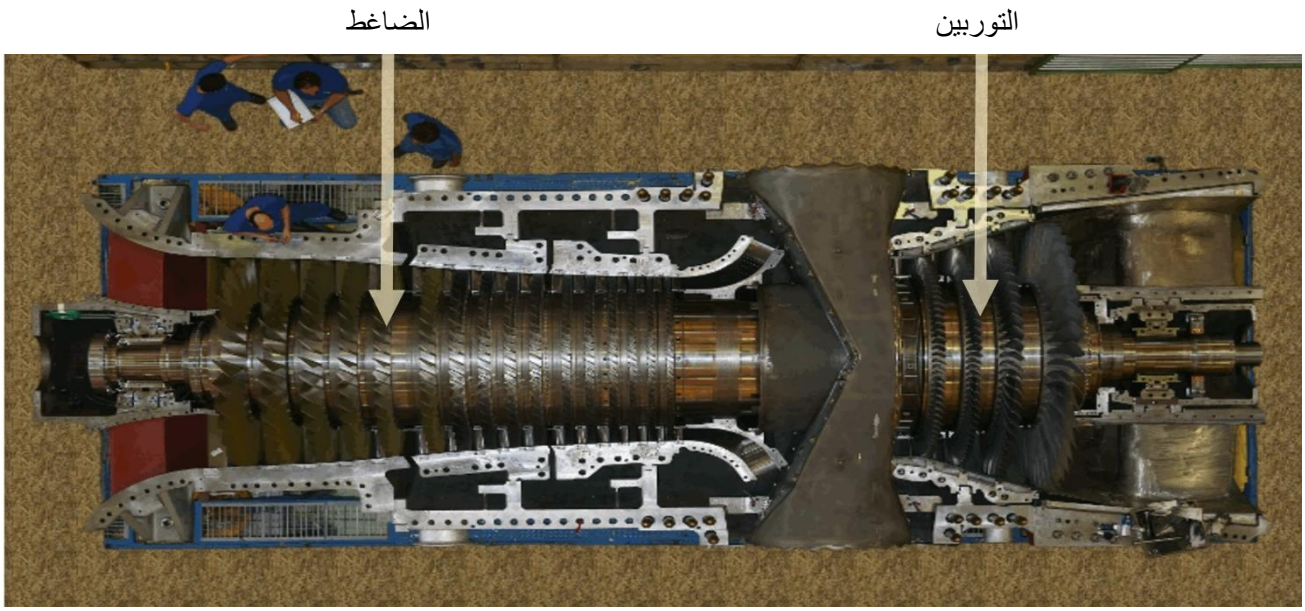
بعد المرشحات ، يمر الهواء النظيف من خلال مقطع إنتقالي أو Transitional section ، و مُمتص أو كاتم الصوت Sound absorber ، والانحناء Bend ، وقناة (مجرى) الهواء Air duct إلى الضاغط . تزن المنظومة حوالي (طن 220 ton) .

التوربين الغازي Gas turbine system V94.2



- القدرة الأسمية Nominal power : 166 MW.
- أقصى درجة حرارة مدخل التوربين Max. turbine inlet temperature : 1060 °C
- الكفاءة Efficiency : 34.5% .
- القدرة على استخدام وقود الغاز أو وقود الديزل
- عمود دوار أحادي Single shaft .
- ضاغط محوري Axial compressor (16) مرحلة Stage .
- تركيب أو هيكل مهام ضخمة Heavy duty frame .
- توربين (4) مراحل .
- غرف إحتراق عدد (2) صومعية (برجية) الشكل .
- مشاعل عدد (16) .
- يمكن إستخدامه في دورة بسيطة ومركبة Simple and Combined cycle .
- درجة حرارة غاز العادم Exhaust gas temperature تقريبا : 540 °C

التوربين الغازي V94.2 عبارة عن عمود أحادي مع حجرة Compartment واحدة ، مما يعني أن ريش Blades التوربين والضاغط كلها مثبتة على دولاب أو عجلة Wheel واحدة وداخل غلاف Case . يحتوي النظام على ضاغط من 16 مرحلة وتوربين 4 مراحل .

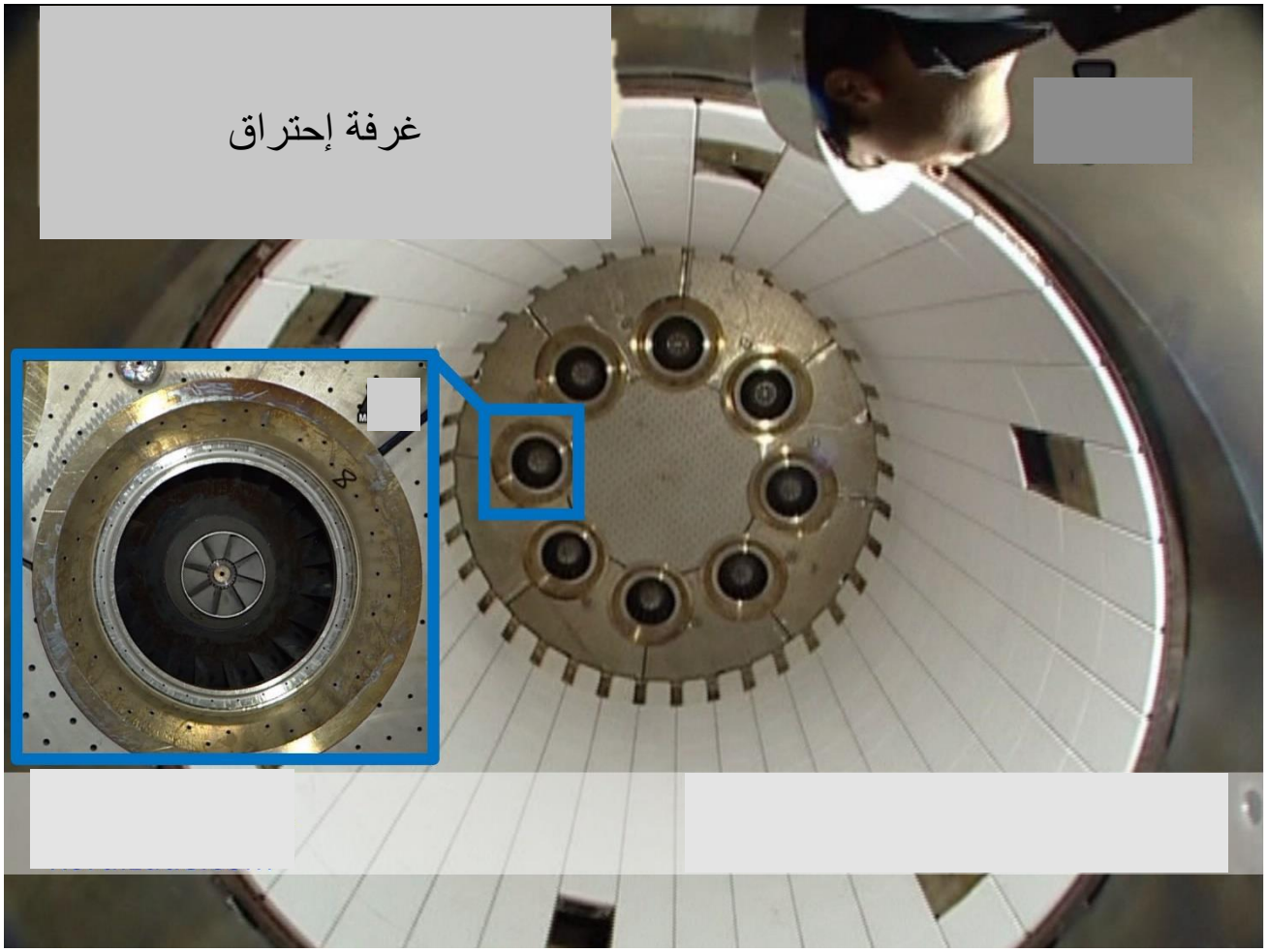


من أجل منع تكوين موجات صدمة Shock waves أثناء التشغيل والتوقف ، تم التفكير في نظام يسمى نظام التصريف أو التنفيس Blow off system .

يقوم هذا النظام بتصريف الهواء المضغوط من الضاغط إلى ناشر مخرج Output diffuser التوربين الغازي V94.2 أثناء مرحلتي بدء التشغيل والتوقف .

يحتوي كل توربين غازي V94.2 على غرفتي إحتراق نوع صومعة (برج) Silo combustion chamber

ترتبط هذه الغرف بشكل متناظر ببدن التوربين عن طريق فلنجات (وصلات ربط) Flanges على جانبي عمود التوربين Turbine shaft . هناك ثمانية مشاعل مختلطة أو مدمجة (مهجنة) Hybrid burners في كل من غرف الإحتراق هذه .



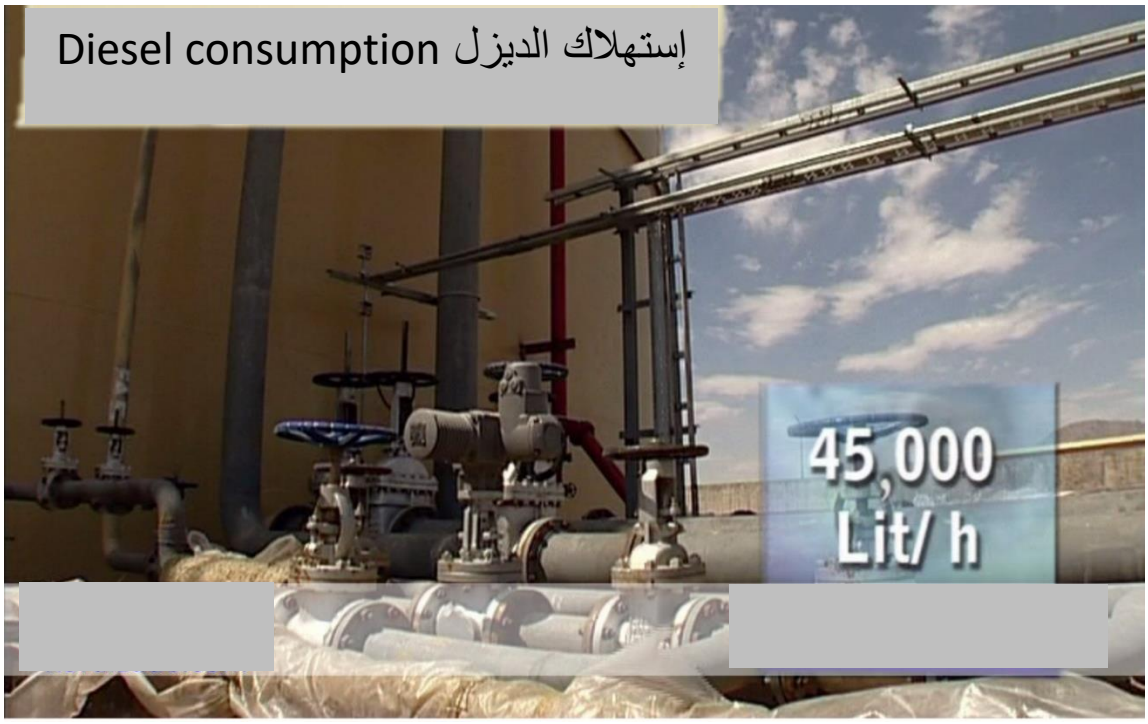
يمكن تشغيل هذه المشاعل بنوعين من الوقود (الوقود السائل Liquid fuel ووقود الغاز الطبيعي Natural gas) .

أنواع المشاعل

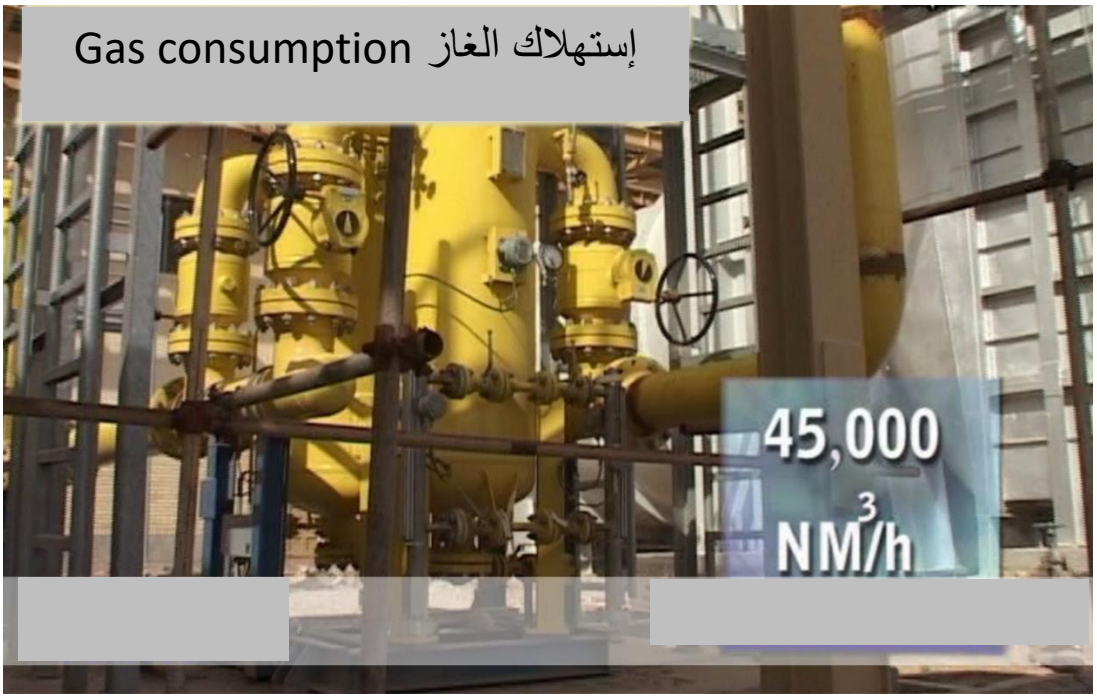
يقع ناشر مخرج Diffuser output التوربين الغازي V94.2 بين هيكل مخرج التوربين ومنظومة العادم Exhaust system ، ويدخل أيضا مخرج منظومة التصريف Blow off system في هذا القسم . يبلغ وزن منظومة التوربين وملحقاتها Accessories حوالي (طن 270 ton) .

منظومات وقود التوربين الغازي V94.2 Gas turbine fuel systems

منظومات الوقود السائل والغاز للتوربين الغازي V94.2 مسؤولة عن توصيل الوقود إلى المشاعل وتنظيم كمية الوقود المحقون إلى داخل غرفة الإحتراق . يستهلك كل توربين غازي V94.2 (لتر 45000 liters) من وقود الديزل Diesel في الساعة وفقا لشروط الآيزو ISO .



إذا كان التوربين قيد التشغيل على الغاز ، فإنه يستهلك (متر مكعب 45000 Nm^3) من الغاز في الساعة وفقا لشروط ISO .



نظام وقود الغاز للتوربين الغازي V94.2 Gas turbine gas fuel system

أولا ، يتم تقليل ضغط الغاز الذي تتطلبه المحطة في محطة تخفيض الضغط Pressure reduction station.

بعد مغادرة محطة تخفيض الغاز الرئيسية ، يدخل الغاز الطبيعي خط أنابيب التوربين Pipeline إلى قاعة التوربين بعد المرور عبر جهاز تنظيف أو تطهير الغاز الرئيسي Scrubber .
غالبا ما يقع خط الأنابيب على مساند منزلقة Slipper إلى بداية قاعة التوربين ويتم تحويله إلى أنبوب رف (حمالة أنبوب) Rack pipe من بداية قاعة التوربين . وعلى طول مسار خط الأنابيب ، يتم توفير رف (حمالة) الغاز المطلوب لكل وحدة Unit بواسطة فرع بقطر (ملم 200 mm) من المسار الرئيسي .

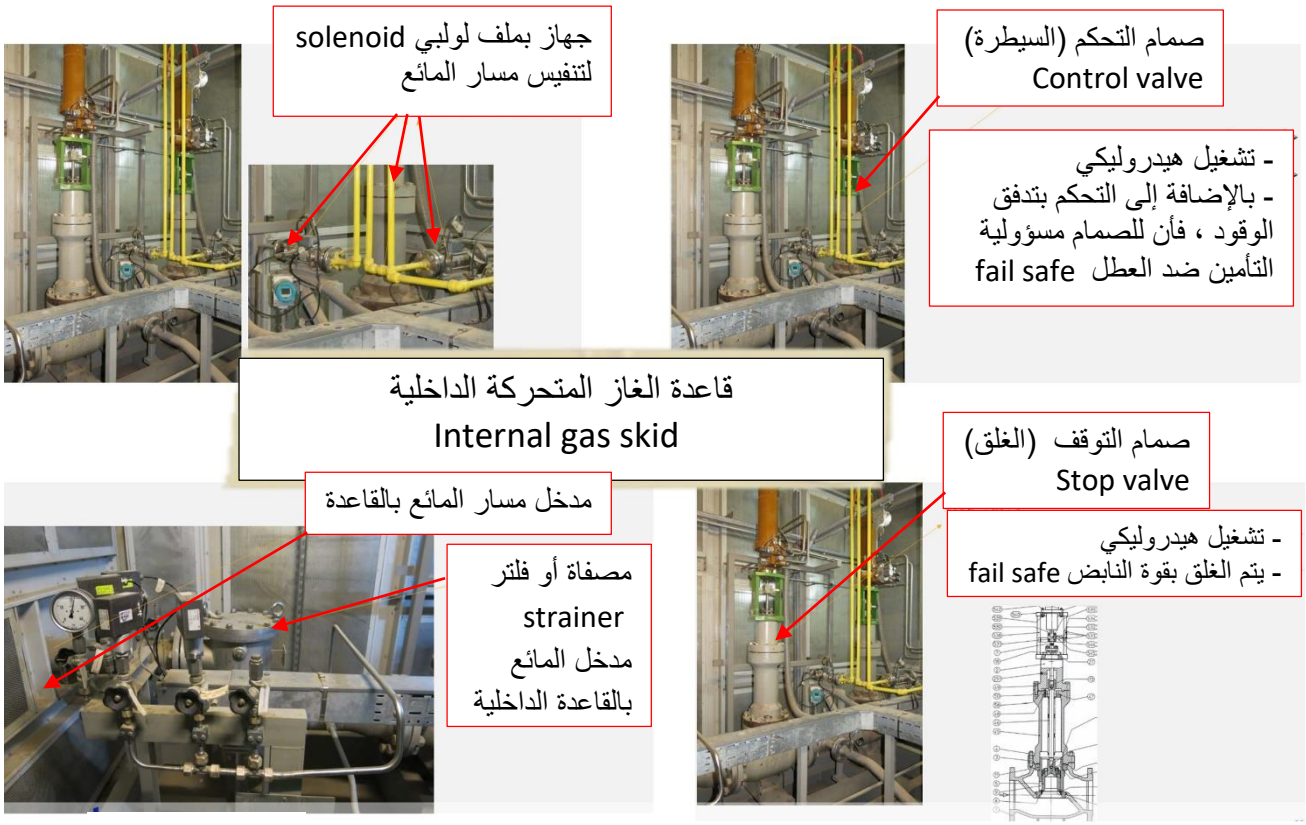
تنقسم منظومة الغاز الطبيعي Natural gas system في كل توربين غازي V94.2 إلى قسمين . يقع القسم الأول من جهاز التنظيف أو جهاز الغسيل الفاصل Separation scrubber خارج قاعة التوربين وقُرب العادم Exhaust .

معدات مرشح (فلتر) الفصل
Separator filter equipment

معدات مرشح (فلتر) الفصل Separator filter equipment

- مقياس ضغط المدخل Input pressure gauge
- مقياس إضطراب الضغط .
- مقياس تدفق المائع Fluid Flow meter
- المقياس الزجاجي الموقعي لمعرفة مستويات المائع Glass site local to see fluid levels
- صمام آمان
- تنفيس مسار المائع
- إستنزاف أو تصريف مسار المائع عبر صفيحة مثقوبة Orifice
- صمامات عزل المدخل والمخرج
- صمام الفحص والتنظيف الداخلي
- ممر أو مسار غاز النيتروجين N2

القسم الثاني هي قاعدة الغاز المتحركة Gas skid داخل قاعة التوربين . قسم الفصل مسؤول عن تنقية الغاز بينما قاعدة الغاز تكون مسؤولة عن تنظيم كمية الغاز الداخل للمشاعل الرئيسية وأجهزة الإشعال Ignitors .



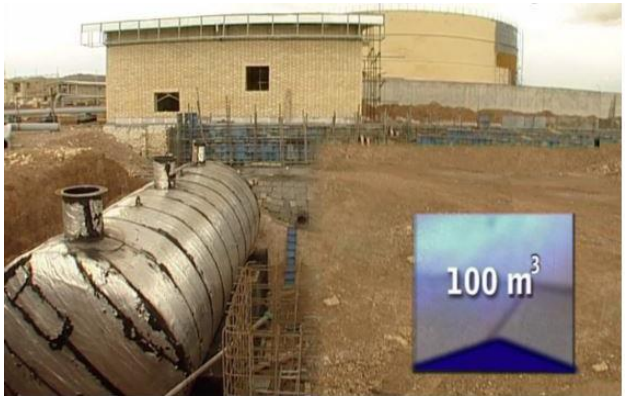
منظومة الوقود السائل للتوربين الغازي Liquid fuel system turbine V94.2

تستخدم أنظمة الوقود السائل كمنظومات وقود ساندة أو إحتياطية Backup في محطات الطاقة . يقوم هذا النظام بتوصيل الديزل من صهاريج الوقود Fuel tankers إلى منطقة تصريف الوقود السائل وتخزينه في خزانات الوقود السائل Liquid fuel tanks . يتم ضخ وقود الديزل المخزون إلى خزان الديزل أثناء التشغيل بالوقود السائل . تتضمن المنظومة : تفريغ الوقود Unloading ، تخزين الوقود Storage ، ضخ وشحن الوقود Forwarding

منظومة وقود الديزل Diesel fuel system

يدخل الوقود خزان تحت الأرض بسعة (متر مكعب 100 m^3) من مقدمة حجرة تصريف الوقود Fuel discharge compartment .

التفريغ Unloading

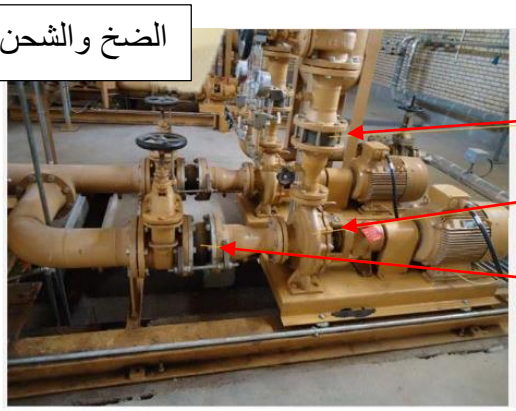


يتم ضخ الوقود المُجهز إلى خزانات الوقود السائل . تتراوح سعة هذه الخزانات بين (متر مكعب – 15000 m^3 33000) ، ولكن عادة ما يتم إستخدام (m^3 20000) من الخزانات .

خزانات الخزن Storage tanks

بالنسبة لكل توربين غازي V94.2 ، يتم النظر في مضخات جاهزة 100% في مبنى دفع الوقود Propulsion building . تنقل الأنابيب الوقود الذي يتم ضخه من منظومة الدفع إلى قاعدة الديزل Diesel skid عن طريق المرور عبر أنبوب الرف Rack pipe .

الضخ والشحن Forwarding

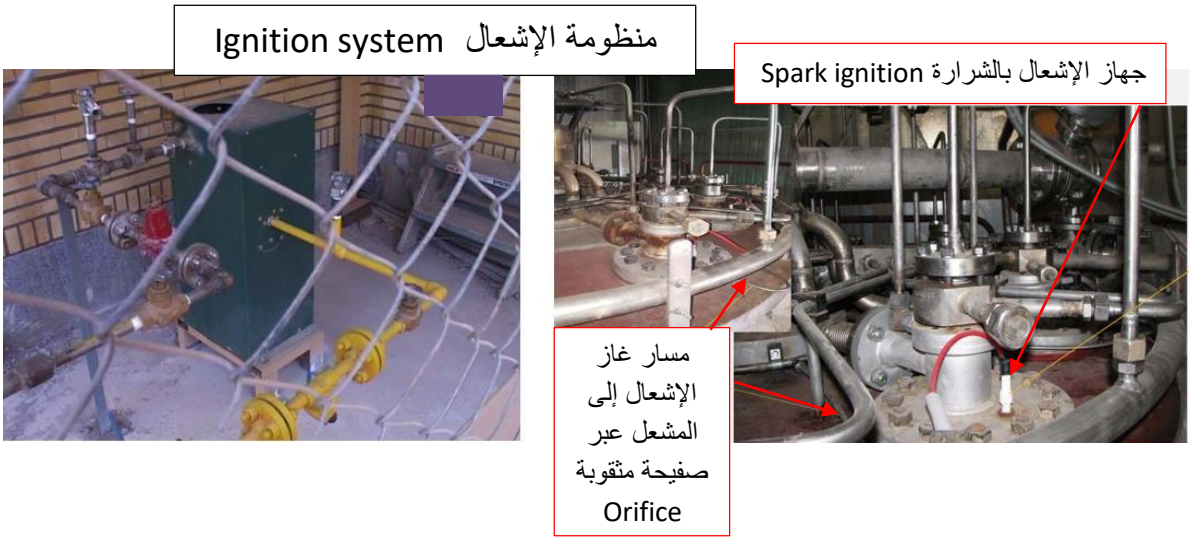


- هزازات المخرج Output vibrators
- مضخة الشحن Forwarding pump
- مخمد أو مانع صدمات المدخل shock absorber

ضغط الفلاش (بخار الوقود) Flash-pressure لوقود الديزل من خلال الدخول (بار 7 bar – 3) يكون خطرا . يتم تمرير الوقود الوارد من خلال نظام التنقية النهائي Final purification system ، ومضخة التهوية والحقن Ventilation and injection pump ، على التوالي ، ويتم ضخه إلى المشاعل عند ضغط حوالي (بار 70 bar) .

منظومة الإشعال للتوربين الغازي V94.2 Gas turbine ignition system

عند بدء تشغيل التوربين الغازي V94.2 بالوقود السائل ، يوفر منظومة الإشعال بالشرارة Spark الظروف والشروط اللازمة لبدء إشعال المشاعل . الغاز المطلوب لهذا الجزء هو بروبان Propane أو خليط من البروبان والبيوتان Butane .



منظومة عادم التوربين الغازي Gas turbine exhaust system V94.2

في محطات توليد الطاقة بالغاز ، يكون هذا النظام مسؤولا عن نقل غازات العادم Exhaust gases إلى أقرب مكان آمن في الغلاف الجوي Atmosphere ، ويتم توجيه غاز العادم إلى صندوق المحول Diverter box من خلال الناشر Diffuser ، ومن هناك يذهب إلى المدخنة Chimney . إذا أصبحت المحطة دورة مركبة Combined cycle ، فسيتم توجيه غازات العادم إلى مولد بخار إسترداد الحرارة أو مرجل إسترجاع الحرارة Heat Recovery Steam Generator (HRSG) عبر مخمد المحول Diverter damper . تقع المدخنة على صندوق المحول وتنقسم إلى مكعبين Cubes عند الجزء السفلي وشكل أسطواني Cylindrical عند الجزء العلوي ، والذي يلعب دور مُمتص أو كاتم الصوت Sound absorber في المنظومة .

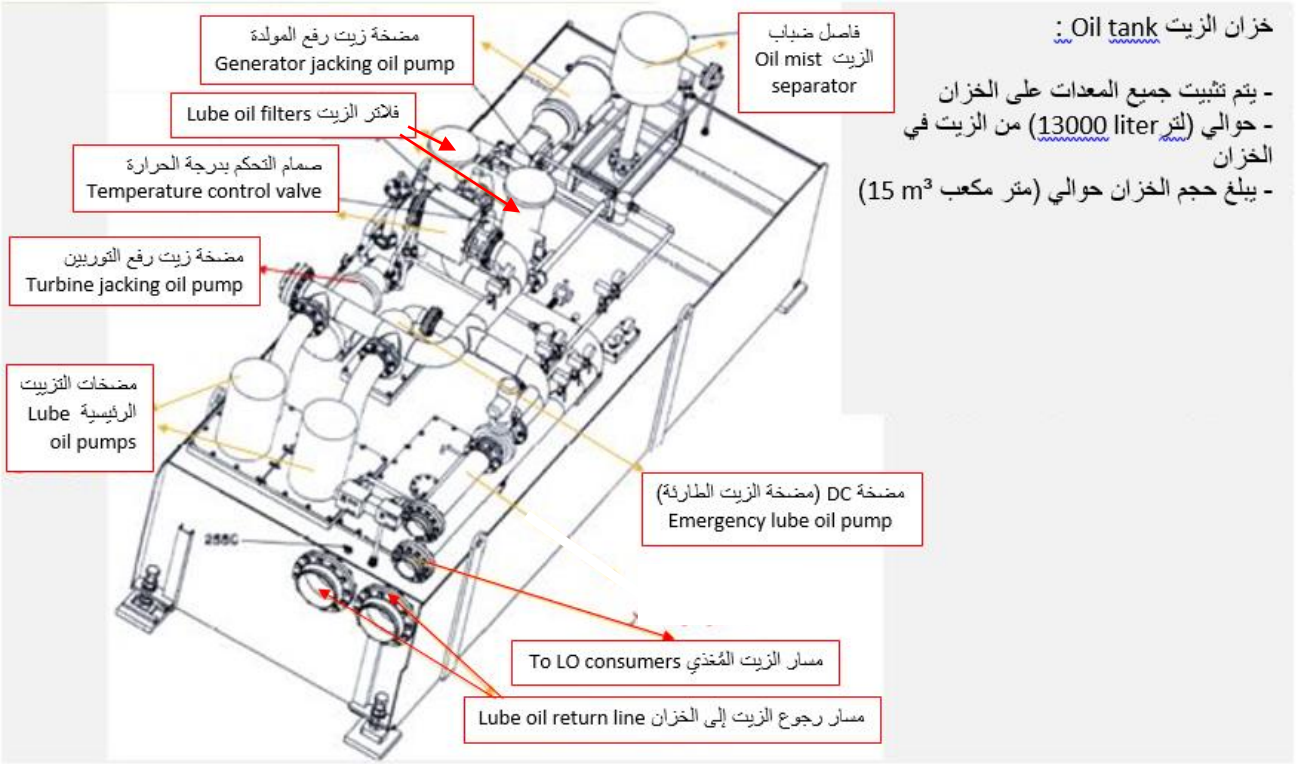
يبلغ إرتفاع نهاية المدخنة من الأرض (متر 25 m meter) . يتم نقل وزن المدخنة وملحقاتها Accessories إلى قاعدة أساس Foundation بواسطة هيكل أو تركيب Structure . تزن المنظومة حوالي (طن 230 ton)

منظومة التزييت والرفع للتوربين الغازي Gas turbine Lubrication and lifting systems V94.2

توفر هذه المنظومة زيت التزييت Lubricating oil المطلوب لمحامل Bearings التوربين والمولدة Generator ومعدات السحب ومنظومات رفع التوربين والمولدة Lifting or jacking oil system . أثناء التزييت ، ينقل الزيت الموجود في المحامل أيضا الحرارة المتولدة في كل قسم . ويُبرد الزيت في هذا القسم بالمرور عبر المبادلات الحرارية Heat exchangers المتصلة بمنظومة التبريد Cooling system .

منظومة التزييت

داخل خزان الزيت

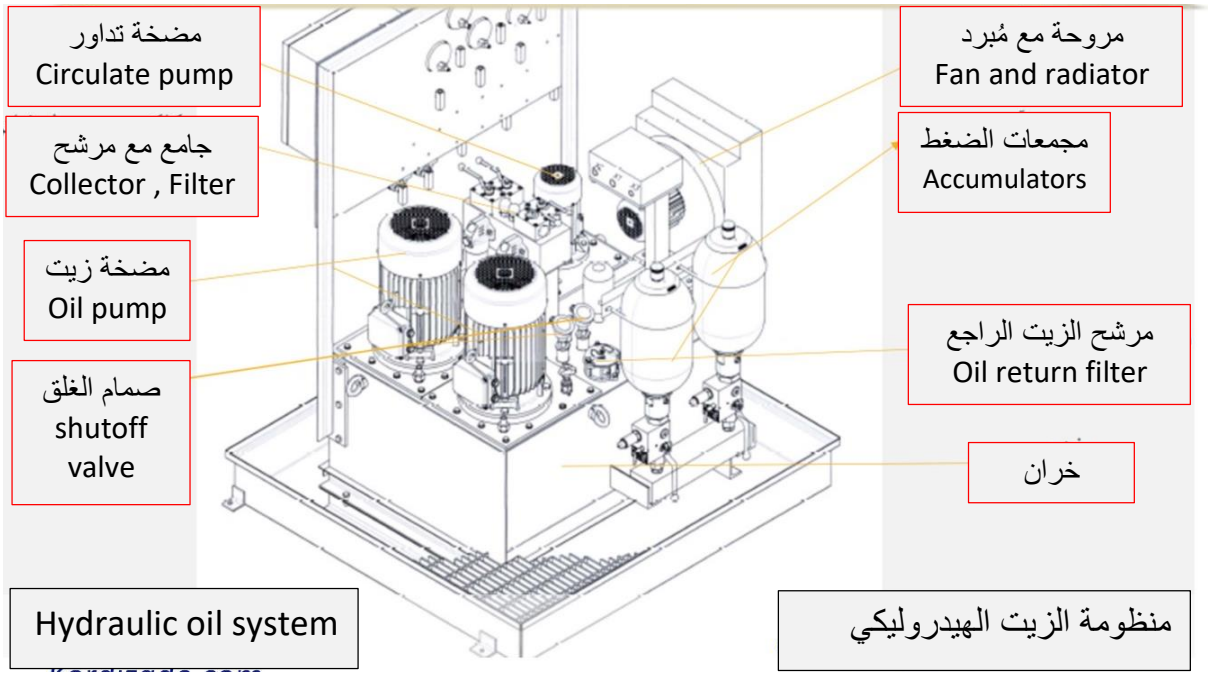


خزان الزيت Oil tank :

- يتم تثبيت جميع المعدات على الخزان
- حوالي (لتر 13000 liter) من الزيت في الخزان
- يبلغ حجم الخزان حوالي (متر مكعب 15 m^3)

منظومة الزيت الهيدروليكي للتوربين الغازي Hydraulic oil system of gas turbine V94.2

تهدف منظومة الزيت الهيدروليكي عالي الضغط High pressure hydraulic oil system إلى التحكم في صمامات الغلق Shut-off valves في منظومة الوقود Fuel system . تتضمن لوح أو قاعدة تجهيز Supply skid الزيت الهيدروليكي الفلاتر Filters والمضخات Pumps وخزان التخزين Storage tank .



ملاحظة :

مُجمع أو مركم الضغط Pressure Accumulator :

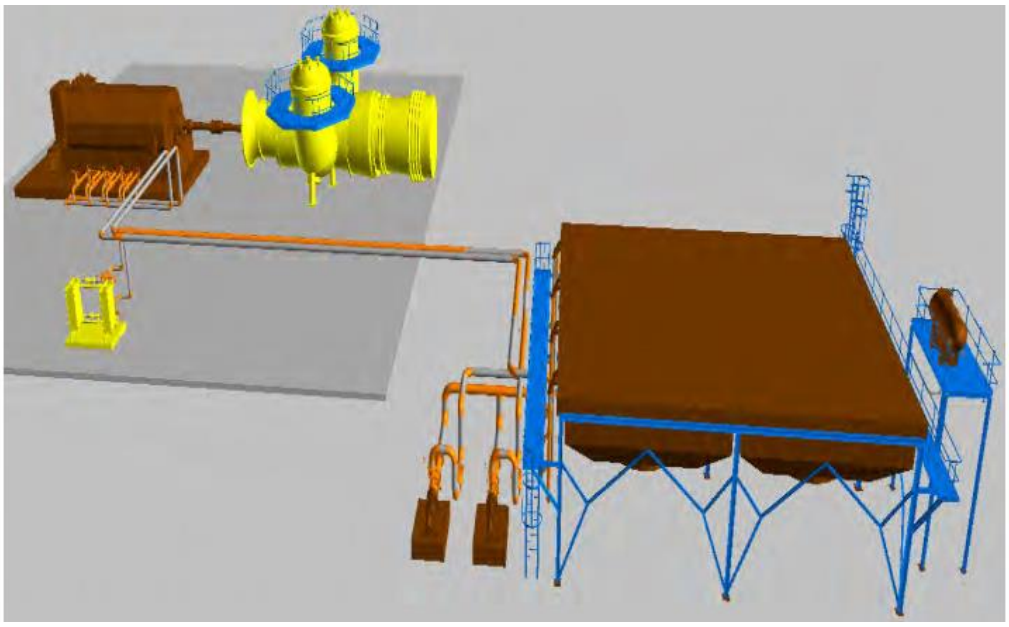
المركم الهيدروليكي الهوائي Hydro-pneumatic accumulator يعتبر الأكثر إستخداما . يمتلئ التجويف Bladder بالنيتروجين Nitrogen ويكون مركب في وعاء ضغط فولاذي Steel pressure vessel ملحوم أو مطروق Forged . عندما ينخفض الضغط ، يتمدد الغاز المضغوط في التجويف ويدفع المائع Fluidالمخزون إلى الدائرة الهيدروليكية Hydraulic circuit توجد مجمعات الضغط MBX04BB001 و MBX04BB002 أسفل مرشح خط االتجهيز (التغذية) يتم شحن هذه المُجمعات بالنيتروجين عند ضغط (بار 100 bar) .

تم تجهيز كل مُجمع زيت هيدروليكي Hydraulic oil accumulator بمقياس ضغط Pressure gauge (MBX04CP501 أو MBX04CP502) ، وصمام غلق Shutoff valve (MBX04AA251 أو MBX04AA252) ، وصمام تصريف Drain valve (MBX04AA401 أو MBX04AA402) ، وصمام آمان Safety valve (MBX04AA191 أو MBX04AA192) ، على التوالي .

يفترض في تصميم المركمات أن الوضع الفوري والسريع والمتحكم فيه لصمامات التحكم في الوقود Fuel control valves ضروري عند فقد مضخة التشغيل وتحويل المضخة المصاحبة من مضخة التشغيل إلى المضخة الإحتياطية Standby pump .

منظومة تبريد التوربين الغازي Gas turbine cooling system V94.2

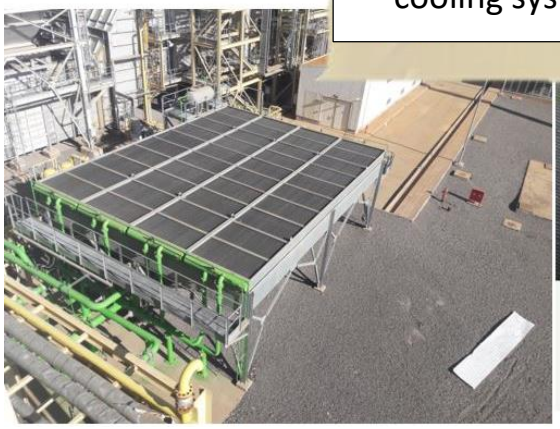
تتمثل الوظيفة الرئيسية لهذه المنظومة في تبريد المولد وكذلك الزيت في نظام تزييت التوربين والضاغط . المُبرد المروحي Fan cooler هو في الواقع مبادل حراري هواء - ماء Air-to-water heat exchanger يستخدم لتبريد التوربين والمولد . في هذه المنظومة ، يتم نقل المياه التي تتدفق لتبريد التوربين والمولد في دورة مغلقة Closed cycle إلى المبادل الحراري . هناك ، يتم تبريدها عن طريق تدفقات الهواء الكبيرة بإستخدام المبادلات والمراوح الكبيرة Fans ، ويتم إعادة تدويرها بواسطة مضخات Circulating cooling (CCW) water pump في دورات تبريد التوربين والمولدة .



وبعبارة أخرى ، يتم نقل حرارة الماء في هذه المنظومة عن طريق المبادلات الحرارية إلى المياه المتدفقة في دورة التبريد Cooling cycle . يعمل هذا الماء على تبديد الحرارة التي يمتصها المبادل الحراري الموجود في المبرد المروحي إلى المحيط الخارجي . مضختان طرد مركزي Centrifugal pumps بسعة (متر مكعب 410 m^3) في الساعة من الماء تُديران المنظومة .

منظومة التبريد cooling system

- هذه المُبردات هي من نوع أنبوب مزعنف Fin tube
- تحتوي على دش منفصل Separate shower
- لديها ٤ مراوح لمياه التبريد



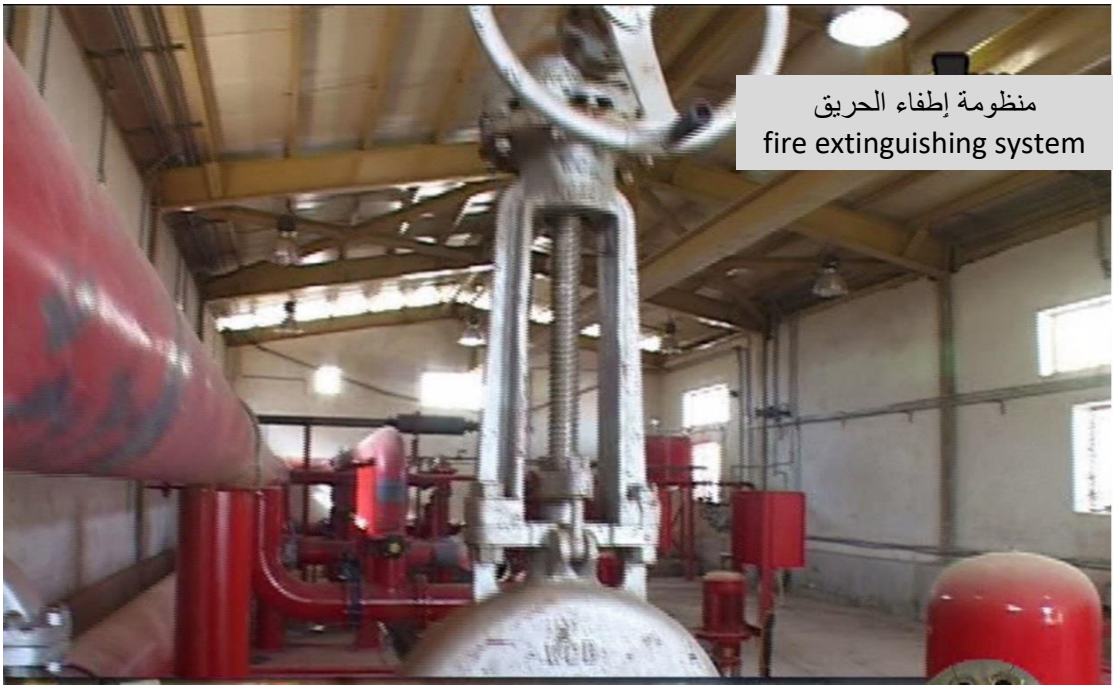
التوربين الغازي V94.2 من وجهة نظر ميكانيكية : موازنة المحطة
Gas turbine V94.2 : Balance of plant (BOP) , from a mechanical point of view

توازن المحطة Balance of plant (BOP) هو مصطلح يستخدم بشكل عام في سياق هندسة الطاقة Power engineering للإشارة إلى جميع المكونات الساندة والمنظومات المساعدة Auxiliary systems لمحطة الطاقة اللازمة لتوصيل الطاقة ، ولا يقصد به الطاقة نفسها بل تلك المكونات والأنظمة الموصلة لها.

منظومة البخار المساعد Auxiliary steam system

في محطات الطاقة الغازية بالمناطق الباردة والمعتدلة ، من المتوقع إستخدام المراجل المساعدة Auxiliary boilers وإنتاج البخار Steam لتسخين الوقود داخل خزانات التخزين وتدفئة مباني محطات الطاقة .

منظومة إطفاء حريق التوربين الغازي Gas turbine fire extinguishing system V94.2

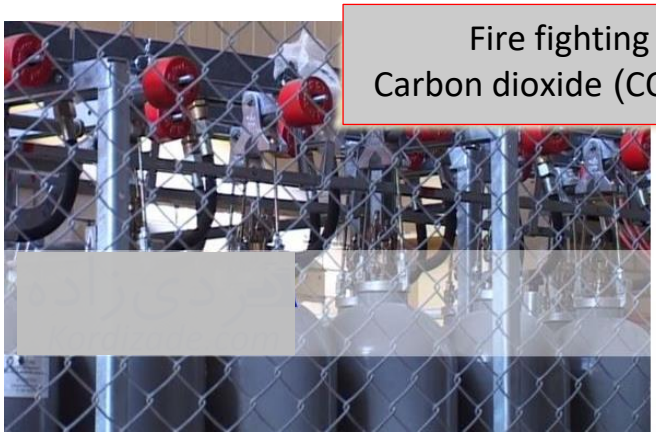


يتم إستخدام الماء Water والرغوة Foam وثاني أكسيد الكربون (CO_2) Carbon dioxide للإطفاء في أجزاء مختلفة من محطة الطاقة .

مكافحة الحريق Fire fighting
الرغوة Foam

يتم توزيع مياه الحريق في جميع أنحاء المحطة كمنظومة إطفاء عامة . تم تصميم هذه المنظومة حول محولات الوحدات و المحولات الرئيسية Main and unit transformers كنظام تدفق مباشر Direct flow system ، كما أنها تُستخدم للتبريد أثناء إعادة التزود بالوقود Refueling لخزانات الديزل Diesel tanks وعلى جدران خزانات الوقود Fuel tanks .

تهدف منظومة CO2 إلى الإطفاء في المساحات أو الأماكن المغلقة لمولدات مركز التحكم الموقعي (LCC) Local Control Center generators وحاويات (كابينات) التحكم والسيطرة Control containers . يتم إستخدام نظام المضخات للتحكم في الحرائق في خزانات الوقود وأجزاء غرف الإحتراق Combustion chamber من توربينات الغاز والديزل .



مكافحة الحريق Fire fighting
ثاني أكسيد الكربون (CO_2) Carbon dioxide

منظومة معالجة المياه Water treatment system

يتم تزويد مياه المحطة من الآبار Wells أو ، إذا أمكن ، من النهر ويتم تخزينها في خزان المياه الخام Raw water tank لإستخدامها في أغراض مختلفة . تم تصميم نظام معالجة المياه الخام وفقا للخصائص الفيزيائية Physical properties لمصدر إمدادات (تغذية) المياه وعناصر الاستهلاك . محطات معالجة المياه الخام اعتمادا على إجمالي المواد الصلبة المُذابة في الماء (Total dissolved solids (TDS ، قد تتكون من مراحل مختلفة مثل المعالجة الأولية Primary treatment بما في ذلك الكلورة (معالجة وتنقية الماء بالكلور) Chlorination ، والفلتر أو المرشح الرملي Sand filter وعامل التقسية أو الصلادة Hardener ، والمعالجة النهائية Final treatment بما في ذلك نظام التناضح العكسي (Reverse Osmosis (RO وتنظيم جودة المياه Water quality regulation . تستخدم المنظومة المعدات بما في ذلك مضخات تجهيز أو تغذية المياه Water supply pumps ، وفلاتر الرمل الخام ، وفلاتر الكربون Carbon filters ، وأضلاع التقوية (الدعامات) Stiffeners ، ومرشحات القسطرة (مرشحات غشائية) Catheter filters ، ووحدة RO مُجمعة ، وخزانات التخزين والخلط ، ومضخات النقل Transmission pumps .

منظومة معالجة مياه الصرف الصحي Wastewater treatment system

تنقسم النفايات أو المُخلفات السائلة Effluents لمحطة الطاقة إلى ثلاث فئات : السوائل النفطية (الزيتية) Oil effluents ، السوائل غير المُلوثة Non-polluting effluents والنفايات السائلة البشرية Human effluents ، ويتم توفير منظومة تجميع منفصلة لكل من هذه السوائل . يتم فصل الزيت الموجود في الزيت المُتخلف في مرشح إهليلجي (بيضاوي الشكل) Elliptical Filter عن الماء ، ويُستخدم الناتج بشكل رئيسي ، إلى جانب االمخلفات السائلة غير الملوثة ، لري المساحات الخضراء . يتم إستخدام وحدة معالجة مُجمعة Treatment package أيضا لمعالجة مياه الصرف الصحي البشرية .

منظومة التدفئة والتبريد Heating and cooling system

بشكل عام ، يتم توفير تدفئة مباني محطات توليد الطاقة في المناطق الباردة والمعتدلة ، باستثناء مباني المكاتب والمطاعم وغرف التحكم المركزية Central Control Building (CCBs) وغرف التحكم Control rooms ، من خلال أنظمة التدفئة المركزية Central heating في المبنى . تستخدم مكيفات الهواء المُجزأة Split air

conditioners بشكل رئيسي لتبريد هذه المباني ، واعتمادا على ظروف المنطقة ، يتم إستخدام وحدات تكييف الهواء المُجمعة .

منظومة التدفئة والتهوية وتكييف الهواء (HVAC)
Heating, Ventilating, and Air Conditioning

الرافعات Cranes

رافعة و خط سكة حديد أحادي القضبان Crane & Monorail

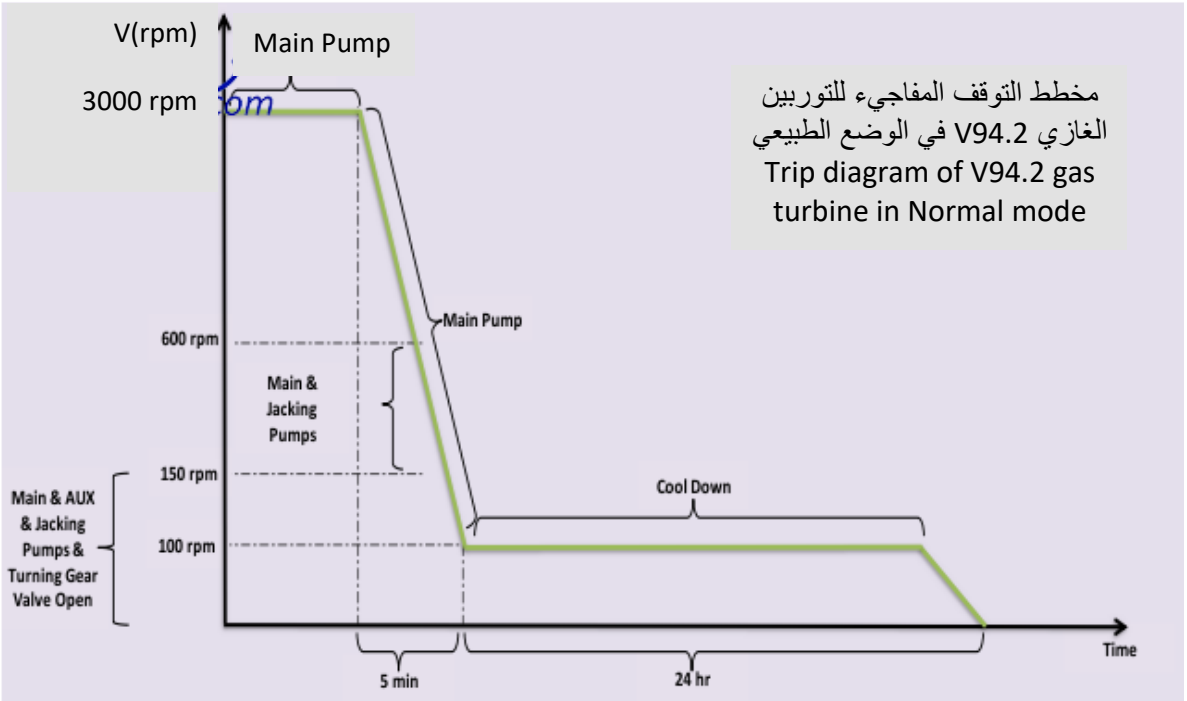
لتركيب المعدات وصيانتها في قاعة التوربين الغازي V94.2 ، يتم إستخدام رافعة صلبة Rigid crane بثلاث خطافات Hooks (طن 65 ton) و (16 ton) و (10 ton) . في المباني الأخرى ، وإعتمادا على الحاجة ، يتم إستخدام رافعة سقفية (جسرية) Roof crane أو خط سكة حديد أحادي القضبان Monorail . في الوقت الحاضر ، ومن أجل تسهيل وتسريع أعمال التنصيب والتركيب ، ستكون منظومات دفع الوقود ومعالجة المياه ومولدات الديزل Diesel generator ومضخات الحريق جاهزة للتركيب والتنفيذ كحزمة (وحدة مُجمعة) Package .

وضع التوقف المفاجيء للتوربين الغازي V94.2 في ظروف مختلفة
Trip mode of V94.2 gas turbine in different conditions

التوقفات المفاجئة للتوربين يمكن أن يحدث بطريقتين ، إما بناء على طلب منظومة السيطرة الوطنية أو بسبب نقص الكهرباء أو إنقطاع التيار الكهربائي (فشل إمدادات أو تجهيز الطاقة الكهربائية Electrical power supply) Blackout ، والتي يمكن تقديمها على النحو التالي :

١- التوربين الغازي V94.2 في الوضع الطبيعي Normal mode :

في هذه الحالة ، بعد إيقاف التشغيل Shut Down ، تنحدر الوحدة مباشرة حول التوربين عند (دورة في الدقيقة 3000 rpm) ، وتقوم مضخة التزييت الرئيسية Main lubrication pump وحدها بإجراء عملية التزييت. بعد الوصول إلى سرعة تقريبية تبلغ (600 rpm) ، تدخل مضخات الرفع Jacking pumps إلى الدورة وتقوم برفع العمود الدوار Shaft . عند السرعة (150 rpm) ، على الرغم من أن مسار جهاز التدوير البطيء Turning Gear مفتوح وبمساعدة مضخة الزيت ، يستمر العمود في الدوران بسرعة تقريبية تبلغ (100 rpm) ، بينما تبقى مضخات التزييت الرئيسية والمساعدة والرفع في الدورة لمدة (ساعة 24 hours) ، مما ينجز وظيفة التزييت والتبريد ، حتى تقترب درجة حرارة العمود من درجة الحرارة المحيطة Ambient temperature . بعد تبريد عمود التوربين ، تخرج جميع المضخات من الدورة وتصل سرعة Speed التوربين إلى الصفر أو يقف ساكنا بدون حركة Stand still .



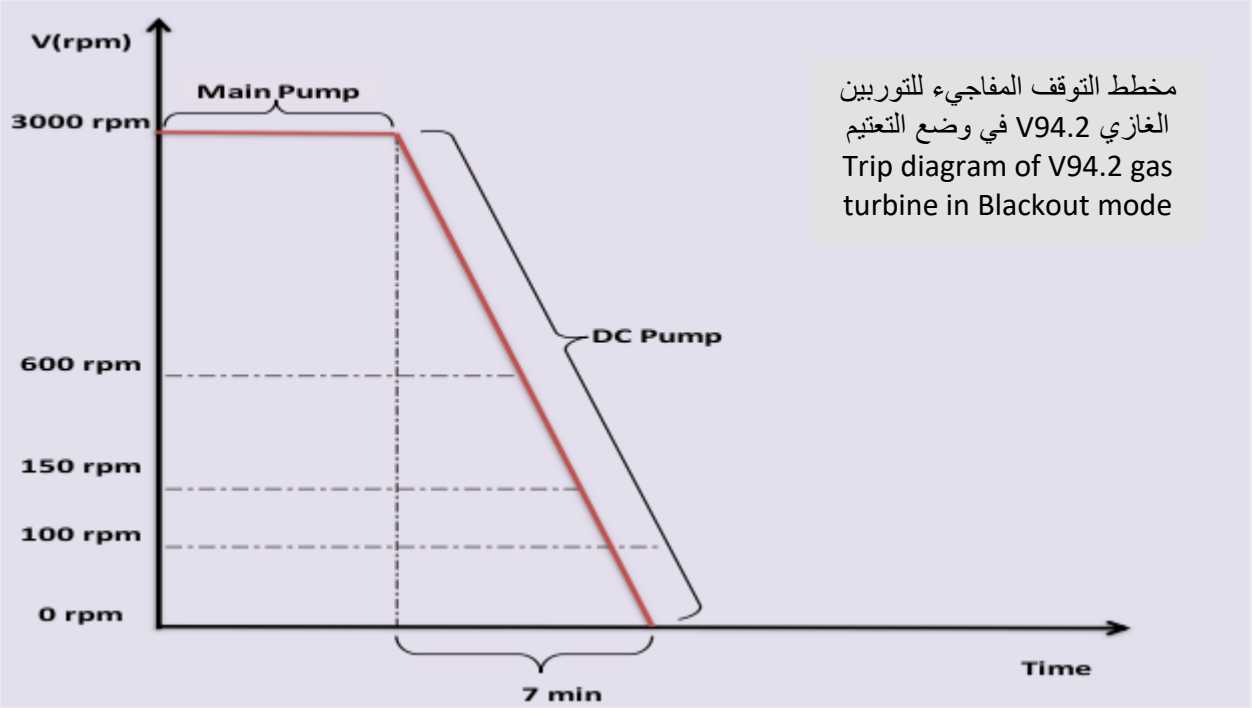
مخطط التوقف المفاجيء للتوربين الغازي V94.2 في الوضع الطبيعي
Trip diagram of V94.2 gas turbine in Normal mode

٢- التوربين الغازي V94.2 في وضع التعتيم (إنقطاع التيار) Blackout mode :

في هذه الحالة ، من خلال إرسال إحدى الإشارات Signals التالية ، ستدخل مضخة الطوارئ (مضخة DC) Emergency pump (DC pump) على الفور إلى الدورة ، وفي أقل من (دقائق 7 minutes) ، ستنخفض سرعة التوربين من (3000 rpm) إلى صفر أو يقف ساكنا بدون حركة Stand still .

- إشارة إنخفاض الضغط pressure drop مستلمة من المرسلة Transmitter (MBV26CP101) أقل من (بار 3 bar) .
- إشارة انخفاض ضغط الزيت Oil pressure drop بقوة وزيادته عبر مفتاح الضغط Pressure switch (MBV26CP003) .
- إنخفاض الجهد الكهربائي أو الفولتية Voltage (BME) للوحة توزيع الجهد الكهربائي المنخفض الطارئة Low voltage emergency distribution board

في هذه الحالة ، خطر تضرر عمود التوربين لأسباب مثل عدم كفاية التبريد والتزييت ووزن Weight العمود الهائل وغياب المضخة البادئة Starter pump DC من المنظومة ، وارد بسبب أخطاء بشرية مما يتسبب في أضرار مُكلفة ماديا .



مخطط التوقف المفاجيء للتوربين الغازي V94.2 في وضع التعتيم
Trip diagram of V94.2 gas turbine in Blackout mode

References المراجع

1- معجم المصطلحات العلمية والفنية والهندسية - أحمد شفيق الخطيب – ٢٠٠٥

2- Dibis Kirkuk,Iraq- IQ 1006 – 2xSGT5 – PAC 2000E – Basic Operation Training – Gas Turbine Part- Vol.1+ , Vol.2-

3- Wikipedia- the free encyclopedia ويكيبيديا ، الموسوعة الحرة

4- Dictionary of Engineering – Second Edition - McGraw-Hill