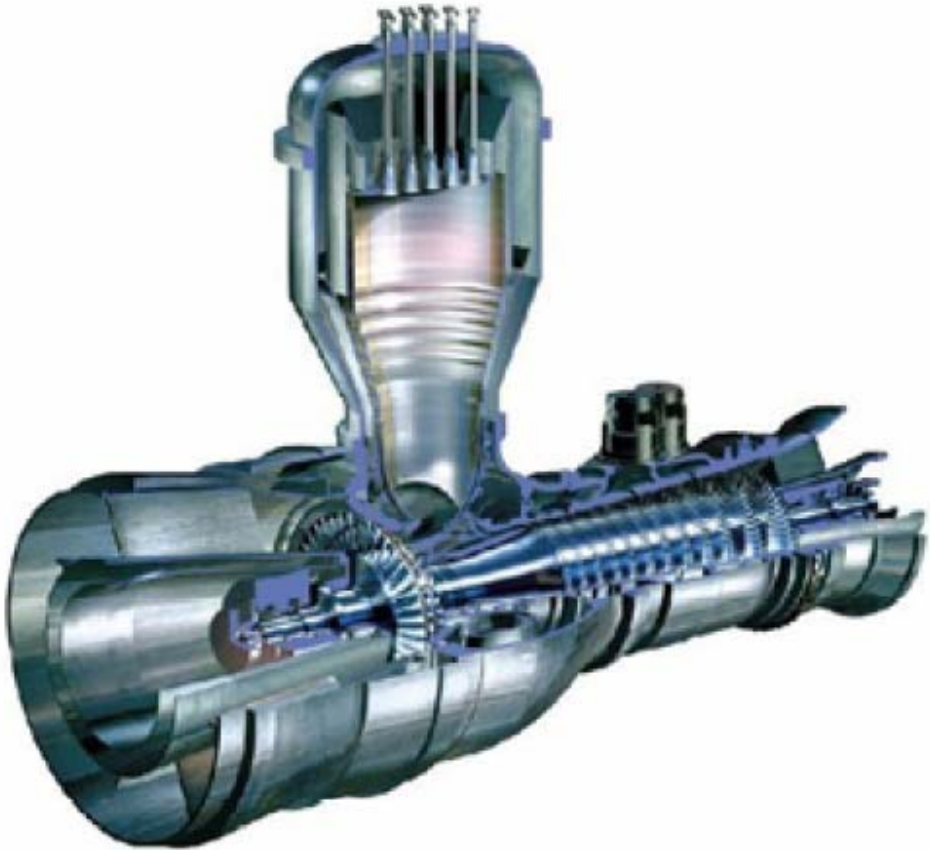
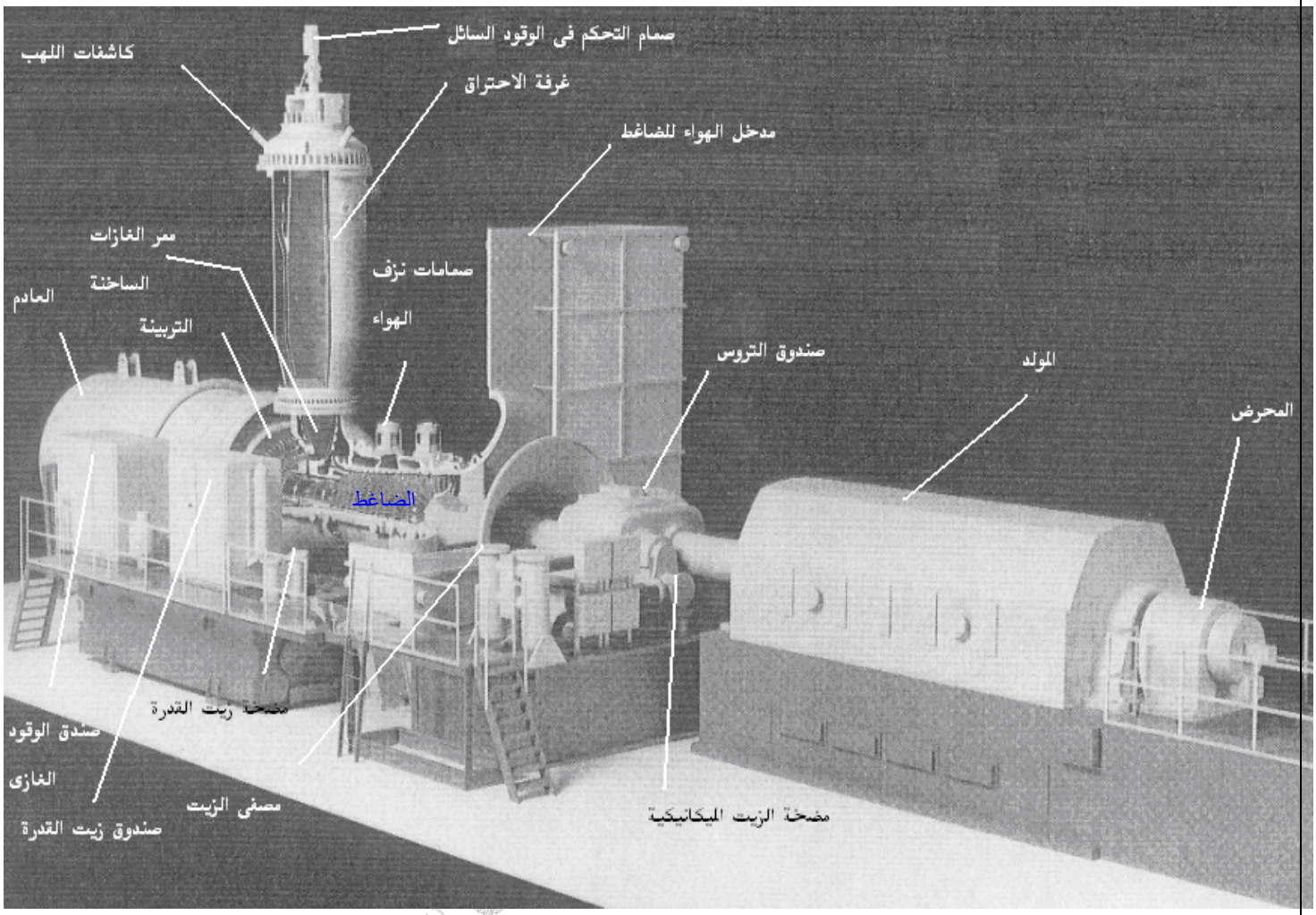
بسم الله الرحمن الرحيم

هذه مقدمة لكتابي مكونات التربينة الغازية
سائلا المولى عز وجل أن ينفع بها المختصين
في شتى المجالات ولا تنسونا من صالح الدعاء

مهندس صالح سعيد بوحليقة
محطة كهرباء الزويتينة الغازية - ليبيا
Email- zwuitina@yahoo.com



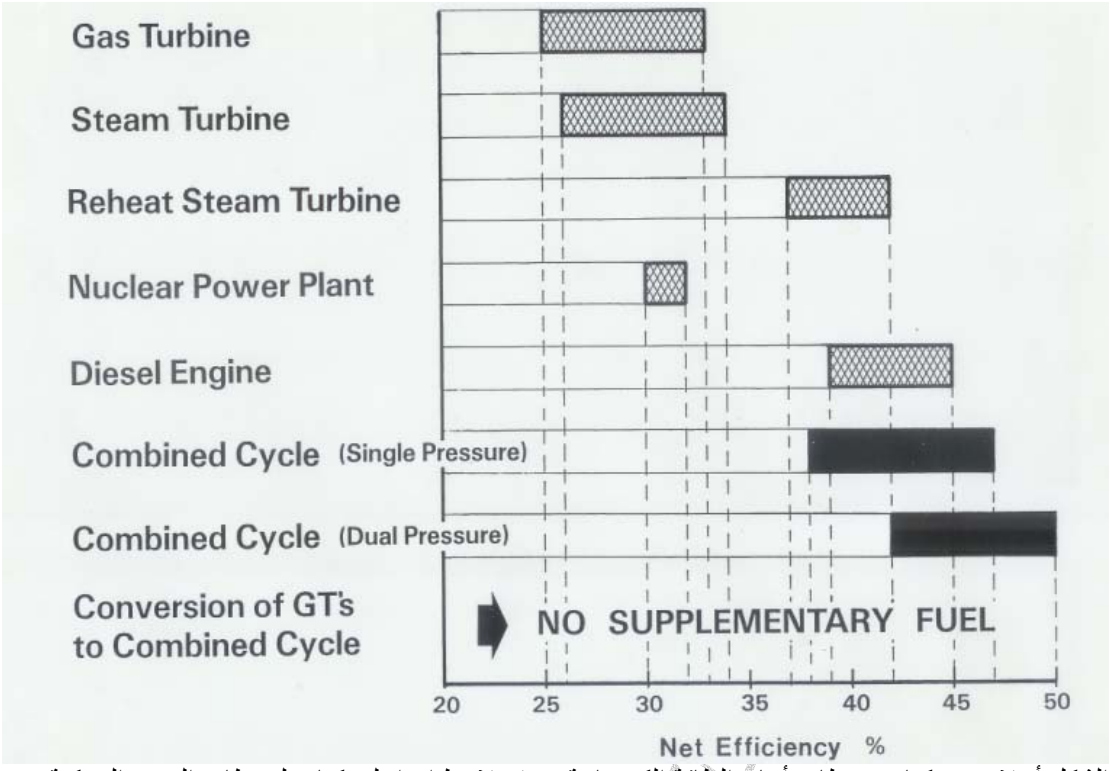


الشكل العام للتربينة الغازية

سعيد بوخليفة

التربينة الغازية Gas Turbine

تتميز المحطات الغازية بسرعة تشغيلها حيث يقدر زمن تشغيل التربينات الغازية من 9.5 إلى 15 دقيقة لذلك تستخدم المحطات الغازية عادتا كمحطات تشغيل اضطراري ونظرا لتدنى كفاءة التربينات الغازية التي تقدر ب32 إلى 35% وأيضا نظرا لارتفاع درجة حرارة العادم يتم تصميم التربينات الغازية في أغلاب الأحيان بدورات مركبة حيث يتم تمرير عادم التربينات الغازية إلى غلاية لإنتاج البخار و تشغيل تر بينة بخارية وتعتبر الدورة المركبة وسيلة لرفع كفاءة التربينة الغازية وبذالك تكون محطات الدورة المركبة من اكبر المحطات كفاءة وتقدر ب 43-52 % وفى التربينات الحديثة تصل إلى 60%



الشكل أعلاه يبين كفاءة محطات أنتاج الطاقة الكهربائية حيث نلاحظ إن اعلي كفاءة لمحطات الدورة المركبة

أجزاء التربينة الغازية

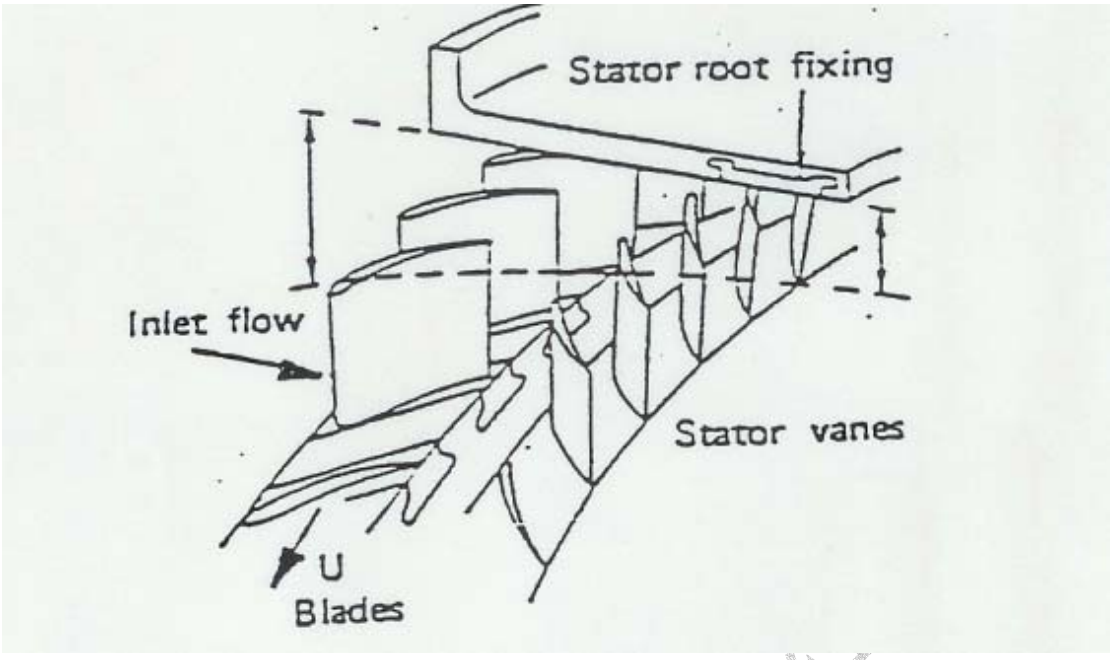
- نظام مدخل الهواء
- ضاغط الهواء
- غرفة الاحتراق
- التربينة العازية
- صندوق التروس
- المولد

ضاغط الهواء المحوري

ووظيفته توفير الهواء ألازم لعملية الاحتراق وهواء تبريد أجزاء التربينة ويتكون الضاغط من عدة مراحل من الريش الثابتة والمتحركة والغطاء العلوي والغطاء السفلى وريش توجيه الهواء حيث يتم ضغط الهواء على محور الضاغط عن طريق إزاحة الريشة المتحركة للهواء ليتم توجيه إلى المرحلة التالية عن طريق الريشة الثابتة وهكذا إلى أخر مرحلة من مراحل الضاغط وتعتمد نسبة الانضغاط لضاغط الهواء على عدد مراحل الريش وزاوية ميل الريشة المتحركة والثابتة ودرجة حرارة الجو ويتم التحكم في ضغط الضاغط عن طريق تغيير زاوية ريش التوجيه المتحركة

حيث تعمل ريش التوجيه على الحد من كمية الهواء الداخلة للضاغط وهى ريش يتم تحريكها عن طريق محرك كهربائي أو ذراع هيدروليكي وعادتا تكون الريش المتحركة قبل المرحلة الأولى لمراحل الضاغط وفى بعض التربينات الكبير يصمم ضاغط الهواء بمرحلتين أو 3 مراحل من الريش المتحركة للحماية من حدوث كبح في الضاغط اثنا إيقاف وتشغيل التربينة الغازية

الكترونية م/ صالح سعد بن عافية



الشكل أعلاه يبين الريش الثابتة والمتحركة لضاغط الهواء المحوري واتجاه الهواء الداخل إلى الضاغط واتجاه الحركة للريش المتحركة

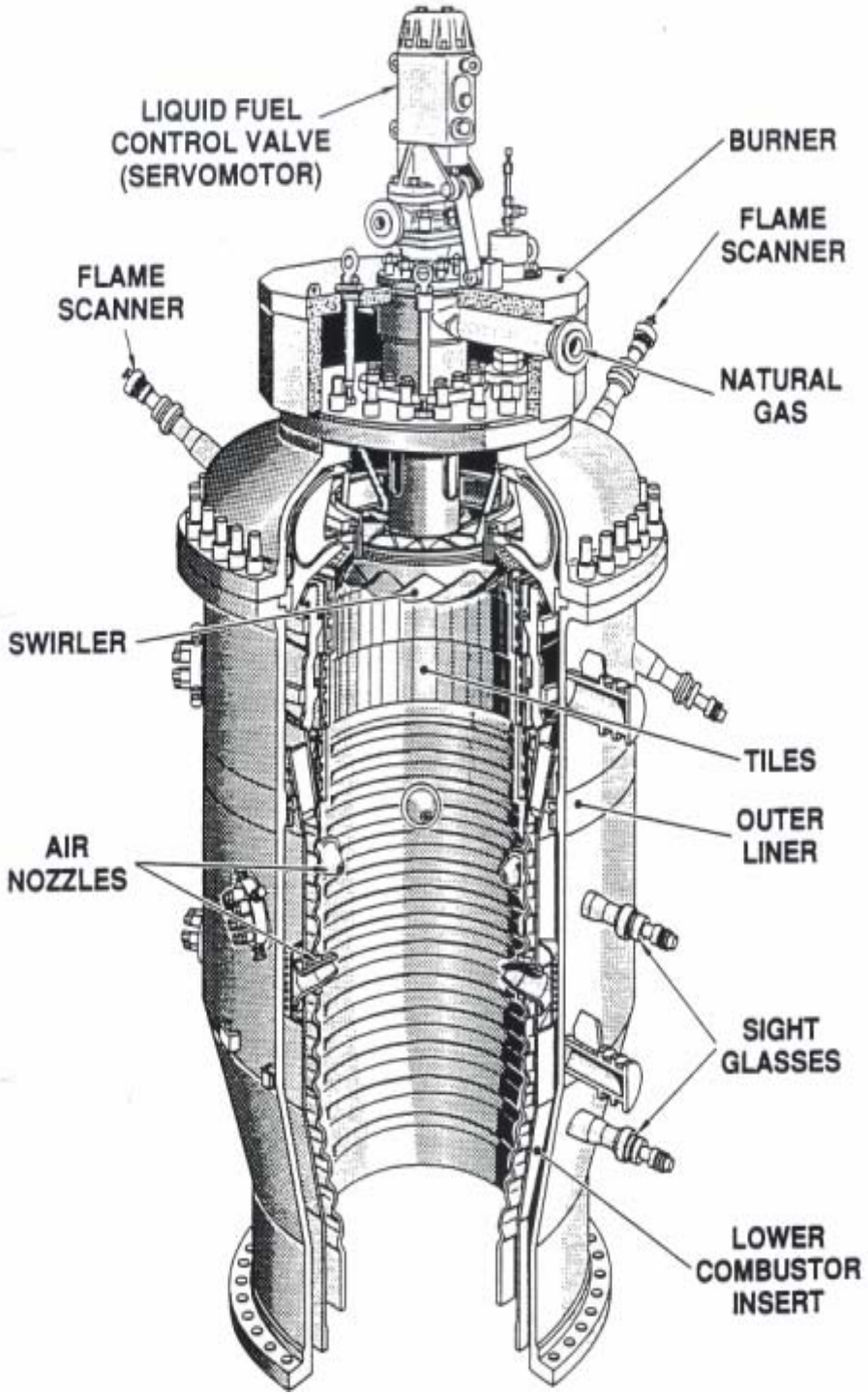
صمامات نزف الهواءBLOW OFF VALVES

لإيقاف الحمل على ضاغط الهواء COMPRESSOR في التربينة الغازية إثناء بدء تشغيل أو إيقاف التربينة يتم فتح صمامات نزف الهواء للضاغط المثبتة في الغالب على المرحلة الخامسة والمرحلة التاسعة لمراحل ضاغط الهواء والتي بدورها تقوم بنزف الهواء إلى خارج الضاغط ليكون حمل الضاغط اقل من 30% وذالك لتفادى حدوث كبح SURGE في الضاغط بسبب اختلاف عزم الضاغط وعزم التربينة

ويتكون الصمام من مكبس ونابض وصمام اسطواني ويتم غلق الصمام عن طريق ضغط هواء التحكم على المكبس المثبت اعلي الصمام لتتم عملية الغلق وعند فتح الصمام يتم إيقاف ضغط الهواء على المكبس فيتم فتح الصمام بفعل تأثير النابض ويتم التحكم في هواء فتح وغلق الصمامات عن طريق صمام هيدروليكي يقوم بدفع هواء التحكم إلى صمامات النزف عند غلق الصمام الهيدروليكي بفعل زيت القدرة POWER OIL حيث عند حدوث اي عطل في مكونات التربينة الغازية يتم فتح الصمام الهيدروليكي عن طريق إشارة الفصل TRIP فيتم غلق صمامات الوقود وفتح صمامات نزف الهواء

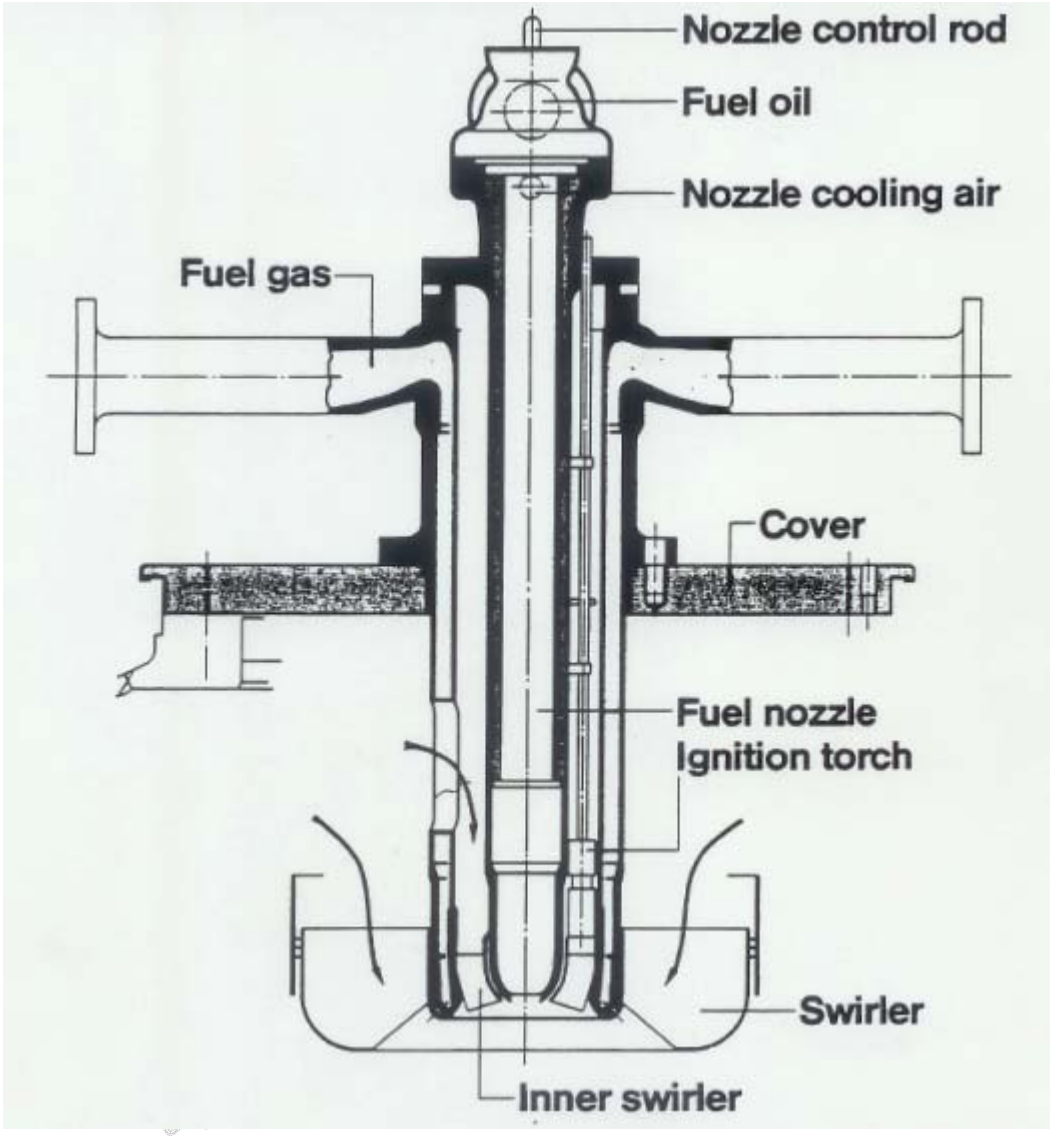
التحكم في حرارة الهواء الخارج من الضاغط

في بعض التربينات الغازية يتم التحكم في حرارة الهواء الخارج من الضاغط عن طريق ريش التوجيه المتحركة حيث عند ارتفاع درجة حرارة الهواء الخارج من الضاغط يتم غلق ريش التوجيه المتحركة بنسبة 3% في كل مرحلة من مراحل غلق ريش التوجيه وذالك لرفع كفاءة التبريد للأجزاء الساخنة للتربينة الغازية وتعتبر بعض شركات تصنيع التربينات الغازية إن هواء تبريد اللأجزاء الساخنة يجب إن لا تتعدى درجة حرارته اكبر من 450 درجة مئوية



مقطع تفصيلي لغرفة الاحتراق

غرفة الاحتراق COMBUSTOR CHAMBER
وتتكون من
الحراقة BURNER



تتكون الحراقة من رشاش الوقود الخفيف FUEL OIL NOZZLE ورشاش الوقود الغازي GAS FUEL NOZZLE ونظام تذرية الوقود السائل SWIRLER وهو عبارة عن زعانف توجيه للهواء ثابتة تقوم بتدوير الهواء عند مروره من خلالها وذلك لعمل دوامة يتم من خلالها تجزئة الوقود السائل إلى ذرا صغيرة بسبب قوة الطرد المركزي وتتكون أيضا من فتحة التبريد بالهواء لرشاش الوقود وتتكون من صمام التحكم في الوقود السائل CONTROL VALVE الذي يقوم بالتحكم في كمية الوقود السائل الداخل إلى غرفة الاحتراق اى يتحكم في زيادة أو تخفيض الحمل على التربينة الغازية وتتكون من نظام الاشتعال الأبتدائى الذي يبدأ عملية الاشتعال في غرفة الاحتراق بغاز بروبان تحت ضغط 2 BAR ويتم الاشتعال عن طريق شمعة احتراق مثبتة عند فتحة خروج الغاز بجانب رشاش الوقود

نظام التبريد بالهواء لرشاش الوقود NOZZLE COOLING SYSTEM

حيث إن رشاش الوقود موجود في اعلي نقاط التسخين في غرفة الاحتراق يتم سحب هواء مضغوط من المراحل الأخيرة للضاغط وتمريره على مبادل حراري لتبريد الهواء ومن ثم تمريره إلى رشاش الوقود لتبريده بصفة مستمرة وعند إيقاف التربينة يتم تشغيل ضاغط هواء كهربائي لتبريد الرشاش في حالة إيقاف التربينة

القميص الداخلي INNER LINER

ويصنع من معدن خاص يقاوم درجات الحرارة العالية جدا ويحتوى على فتحات تبريد الغازات الساخنة لتلائم درجة حرارة ريش التربينة ويكون القميص الداخلي لغرفة الاحتراق معرج من الداخل وذلك لزيادة مساحة التبريد حيث يتم تبريده بالهواء المار إلى الحراقة

الغلاف الخارجي OUTER LINER

ووظيفته تثبيت جميع أجزاء غرفة الاحتراق حيث من خلاله يمر الهواء من الضاغط إلى الحراقة

القراميد الحرارية TILES

وهى موجودة عند أعلى غرفة الاحتراق في منطقة ذات درجة حرارة عالية جدا ومن خصائصها تتحمل درجة الحرارة العالية لذلك توضع عند رشاش الوقود ويتم تبريدها من الداخل بالهواء المار إلى الحراقة حيث تحتوى على تجاويف تستخدم للتبريد

مبينات اللهب SIGHT GLASSES

توجد ثلاثة مبينات للهب على غرفة الاحتراق الأولى عند رشاش الوقود والثانية في المنتصف عند رشاشات هواء تبريد الغازات الساخنة والثالثة أسفل عرفة الاحتراق بعد تبريد الغازات الساخنة

مراقبات اللهب FLAME MONITOR

ووظيفتها مراقبة اللهب في غرفة الاحتراق وهى عبارة عن خلية كهروضوئية حيث تحتوى غرفة الاحتراق على ثلاثة مراقيبات للهب

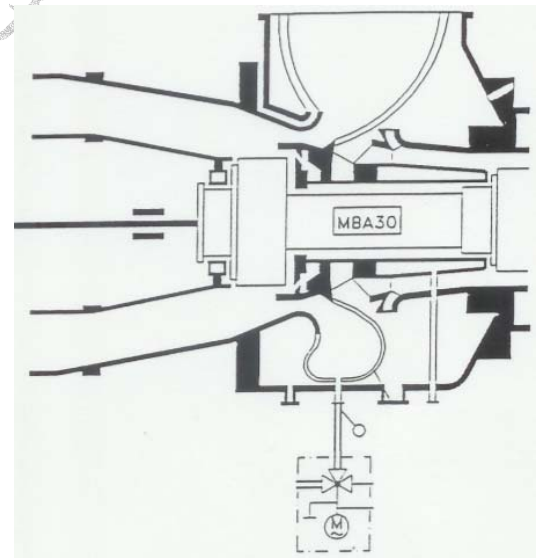
رشاشات هواء تبريد الغازات الساخنة AIR NOZZLES

تثبت رشاشات هواء تبريد الغازات الساخنة في منتصف غرفة الاحتراق حيث تستنزف 40% من الحجم الكلى للهواء الخارج من الضاغط الذي بدوره يقوم بتبريد الغازات الساخنة لتلام حرارة دخول الغازات إلى ريش التربينة .

يتم ضغط الهواء إلى غرفة الاحتراق عن طريق الضاغط فيمر الهواء مابين الغلاف الخارجي والقميص الداخلي لغرفة الاحتراق فيقوم بتبريد القميص الداخلي والقراميد الحرارية ومن ثم المرور داخل الحراقة فيتم تدوير الهواء في دوامة عن طريق نظام تذرية الوقود SWIRLER لتذرية الوقود السائل وذلك لنحصل على أعلى كفاءة للاحتراق فينتج عن ذلك غازات ساخنة ذات درجة حرارة عالية جدا فيتم تبريدها عن طريق فتحات هواء تبريد الغازات الساخنة ومن ثم يتم تمريرها إلى ممر الغازات الساخنة حيث يتم توجيهها إلى ريش التربينة

نظام تصريف الوقود لغرفة الاحتراق

عند فشل الاشتعال في غرفة الاحتراق خلال تشغيل التربينة الغازية يتم تجميع كمية من الوقود السائل أسفل غرفة الاحتراق وهذا قد يتسبب في حدوث انفجار في غرفة الاحتراق عند إعادة تشغيل التربينة وذالك نتيجة لتبخر الوقود السائل بعد تعرضه للحرارة العالية ولتفادى حدوث ذلك يتم تركيب صمام أسفل غرفة الاحتراق يتم فتح الصمام عند كل عملية إيقاف للتربينة الغازية لتصريف الوقود المتجمع أسفل الغرفة وعادتا يتم غلق الصمام خلال تشغيل التربينة بعد وصول السرعة إلى 150 RPM



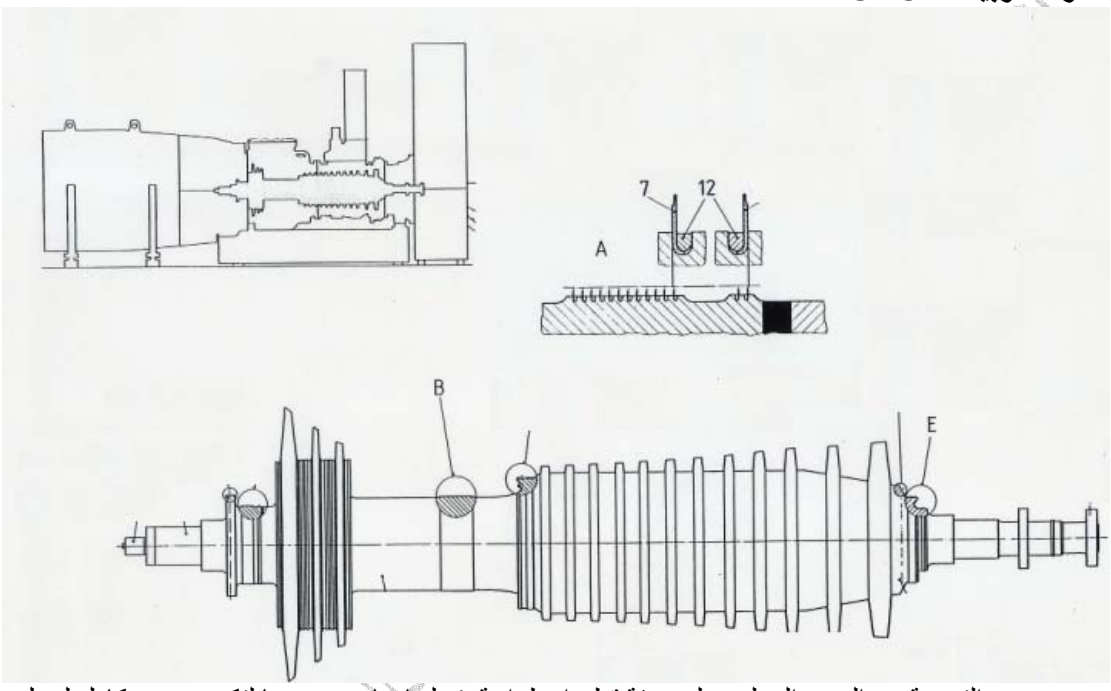
التربينة العازية GAS TURBINE

تتكون التربينة الغازية من عدة مراحل من الريش المتحركة والثابتة وعمود الإدارة والغطاء العلوي والسفلى وكراسي التحميل حيث يتم تثبيت الريش المتحركة على العمود ويتم تثبيت الريش الثابتة على الغطاء العلوي والسفلى ويتم تثبيت العمود على كراسي التحميل وعادتا تكون المراحل الأولى من الريش المتحركة والثابتة للتربينة الغازية مجوفة من الداخل ليتم تبريدها بالهواء الذي يتم سحبه من الضاغط

ممر الغازات الساخنة HOT GAS CASING

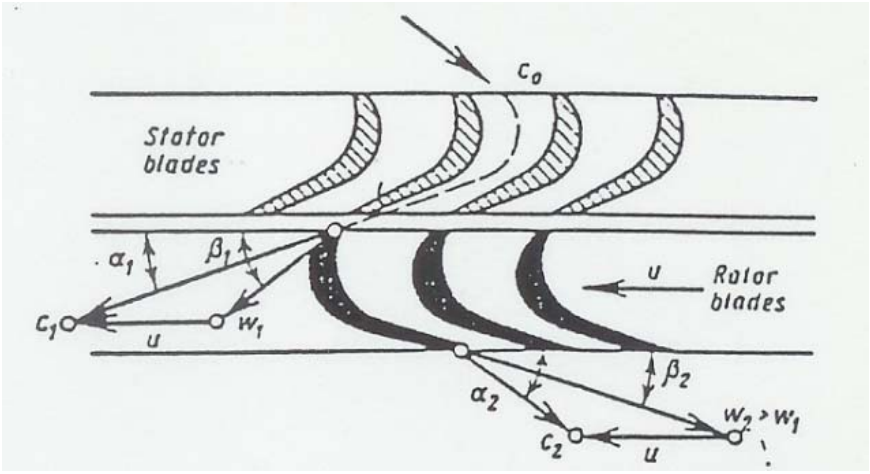
ووظيفته توجيه الغازات الساخنة إلى الريش الثابتة للتربينة ويتكون من معدن يتحمل درجة حرارة عالية وعادتا يقسم إلى جزئيين جزء علوي وجزء سفلى وفى المنتصف عمود التربينة ويتم تثبيتهما مع بعضهما عن طريق اللحام حيث يبرد بالهواء المار إلى عرفة الاحتراق

عمود التربينة ROTOR

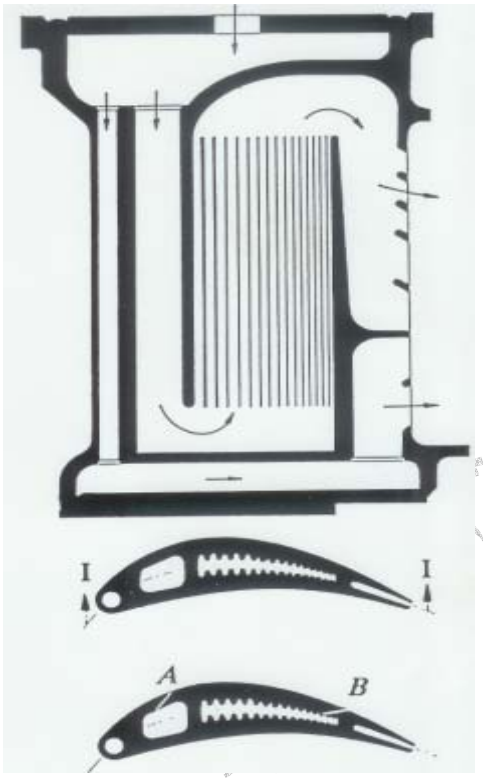


يصنع عمود التربينة من الحديد الصلب على هيئة قطع اسطوانية يتم لحامها مع بعضها لتكون عمود كامل لحمل الريش المتحركة للضاغط والتربينة حيث يتم تثبيتها في تجاويف بشكل حلقي على محور العمود ويحتوى العمود على مانع التسرب من جهة الضاغط والتربينة ليمنع تسرب الهواء المضغوط من جهة الضاغط ويمنع تسرب الغازات الساخنة من جهة التربينة وهو عبارة عن عده مراحل من شفرات اسطوانية تكون ملامسة للغطاء تقوم بتكسير الضغط إلى إن يتم منع تسرب الهواء وعادتا يكون مانع التسرب مكون من 5-6 مراحل كما هو موضح في الشكل أعلاه

ريش التربينة TURBAN BLADES



يتم تثبيت الريش المتحركة للتربينة في عمود الدوران عن طريق تجاويف محفورة بشكل حلقي على محور العمود حيث تكون الريش مجوفة ليتم تبريدها بالهواء الذي يتم سحبه من مخرج الضاغط كما يتم تثبيت الريش الثابتة في غطاء التربينة الذي يتكون من جزأين جزء علوي وجزء سفلى وتكون الريش الثابتة مجوفة ليتم تبريدها بالهواء الذي يتم سحبه من مخرج الضاغط حيث تكون الريش المتحركة بعكس اتجاه الريش الثابتة كما هو موضح في الشكل أعلاه



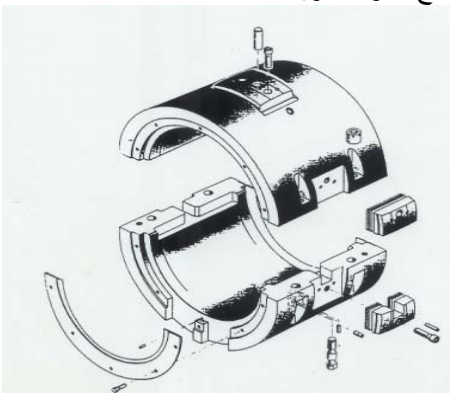
الشكل أعلاه يوضح مقطع طولي لتجاويف المستخدمة لتبريد الريش بالهواء من الداخل

كراسي التحميل BEARING

يتم تثبيت عمود التربينة بعدد 2 كرسي تحميل الأول من جهة التربينة والثاني من جهة الضاغط ويتكون كرسي التحميل من جزأين الجزء العلوي والجزء السفلى ومانع تسرب الزيت والغطاء حيث يتم تثبيت الجزء العلوي مع الجزء السفلى بمسامير ربط يتم تغطيتهما بالغطاء الذي يحتوى على فتحة التزييت ومانع تسرب الزيت الذي يتكون عن عدة مراحل من شفرات نحاسية على هيئة قوس تلامس العمود لتمنع تسرب الزيت بين الغطاء والعمود كما يتم تفريغ غطاء كرسي التحميل من الهواء وذلك لتسهيل رجوع الزيت إلى الخزان

كما يتم تثبيت العمود من الإزاحة المحورية عن طريق كرسي الإزاحة المحورية THRUST BEARING الناتجة عن رد فعل ضغط الضاغط واندفاع الغازات الساخنة للتربينة وهو عبارة عن مساند مكونة من معدن يقاوم درجة الحرارة العالية تثبت بشكل دائري لتقوم بتثبيت العمود محوريا كما يحتوى كرسي الإزاحة المحورية على غطاء ومانع تسرب لزيت التزييت

الشكل أدناه يبين كرسي تحميل ومانع تسرب للزيت



نظرية عمل التربينة الغازية

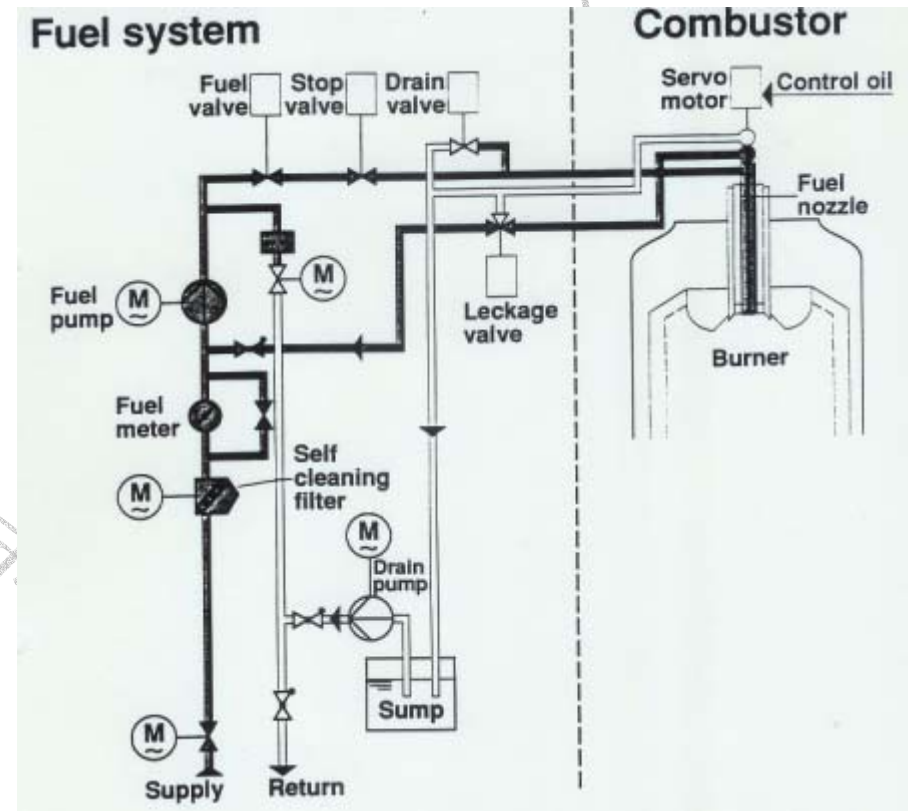
عند دوران العمود يتم دفع الهواء من الضاغط إلى غرفة الاحتراق بسبب إزاحة الريش المتحركة للهواء بضغط يصل إلى 15.2 bar فيمر الهواء مابين الجدار الخارجي لغرفة الاحتراق والقميص الداخلي وذلك لتبريد القميص الداخلي ومن ثم يتم عمل دوامة للهواء بواسطة زعانف توجيه الهواء في الحراقة SWIRLER ليتم تذرية الوقود واختلاطه بالهواء وذلك لنحصل على أعلى كفاءة احتراق وينتج عن ذلك غازات ساخنة ذات درجة حرارة عالية جدا فيتم تبريدها بواسطة رشاشات الهواء عند منتصف غرفة الاحتراق فيتم توجيه الغازات الساخنة عند درجة حرارة تصل إلى 1085C إلى ريش التربينة عن طريق ممر الغازات الساخنة فتمدد الغازات الساخنة على الريش المتحركة ليتم تدوير التربينة بفعل الطاقة الحرارية للغازات الساخنة بحيث تمثل الريش المتحركة طاقة حركة والريش الثابتة طاقة وضع من ثم يتم توجيه الغازات الساخنة إلى العادم عند درجة حرارة تصل إلي 530C .

صندوق التروس GEAR BOX

يستخدم في بعض التربينات الغازية صندوق التروس لتخفيض سرعة التربينة لتلاءم سرعة تشغيل المولد

نظام الوقود السائل FUEL OIL SYSTEM

ويتكون من مضخات الدفع الأمامية لسحب الوقود السائل من الخزان الرئيسي ودفع الوقود إلى المنظومة عند ضغط 5bar وتتكون المنظومة من صمام رئيسي MAIN VALVEو مصفى FILTER لتنقية الوقود من الشوائب ومضخة وقود رئيسيةFUEL PUMP لرفع ضغط الوقود إلى حوالي 90bar وصمام تصريف الوقود إثناء عملية بدء التشغيل وصمام الحد من كمية الوقود FILLING VALVE وصمام إيقاف الوقود STOP VALVE يقوم بإيقاف الوقود عند حدوث عطل للتر بينة والمولد وصمام تصريف الوقود DRAIN VALVE يقوم بتصريف الوقود عند إيقاف التشغيل وصمام تصريف الوقود الخاص بالرشاش LECKAGE VALVE وصمام التحكم في كمية الوقود الداخلة إلى غرفة الاحتراق CONTROL VALVE ونظام تصريف الوقود حيث يتم تجميع الوقود الراجع في خزان صغير SUMP TANK يحتوى على مضخة لتفريغ الخزان DRAIN PUMP



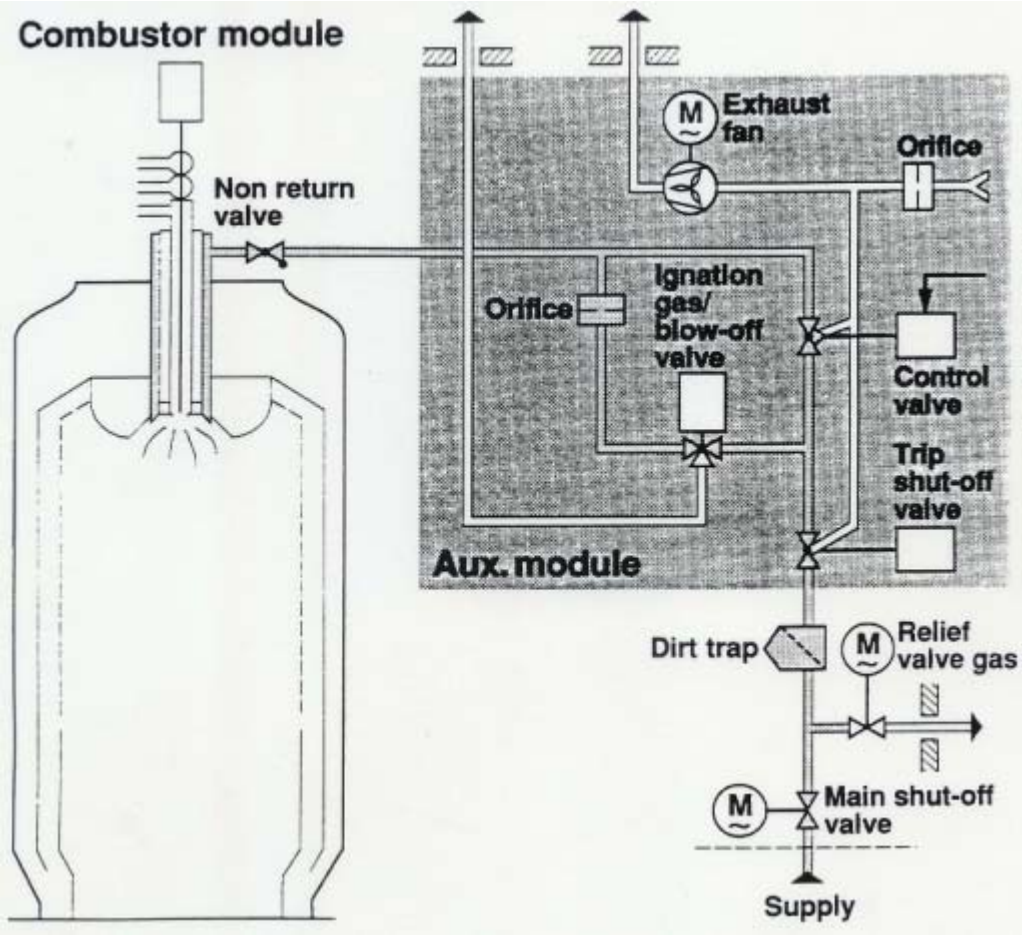
وفيه يتم دفع الوقود بواسطة مضخات عند الخزانات الرئيسية بضغط 5.0bar وعند فتح الصمام الرئيسي للوقود يتم تمرير الوقود على مصفى لتصفية الوقود من الشوائب ومن ثم يتم رفع ضغط الوقود بواسطة مضخة الوقود الرئيسية إلى 90bar ليتم تمريره إلى غرفة الاحتراق فيتم فتح صمام الحد من كمية الوقود وصمام إيقاف

الوقود و صمام التحكم في كمية الوقود الداخلة إلى غرفة الاحتراق وغلق صمام تصريف الوقود لتتم عملية الاشتعال في غرفة الاحتراق

نظام الوقود الغازي GAS FUEL SYSTEM

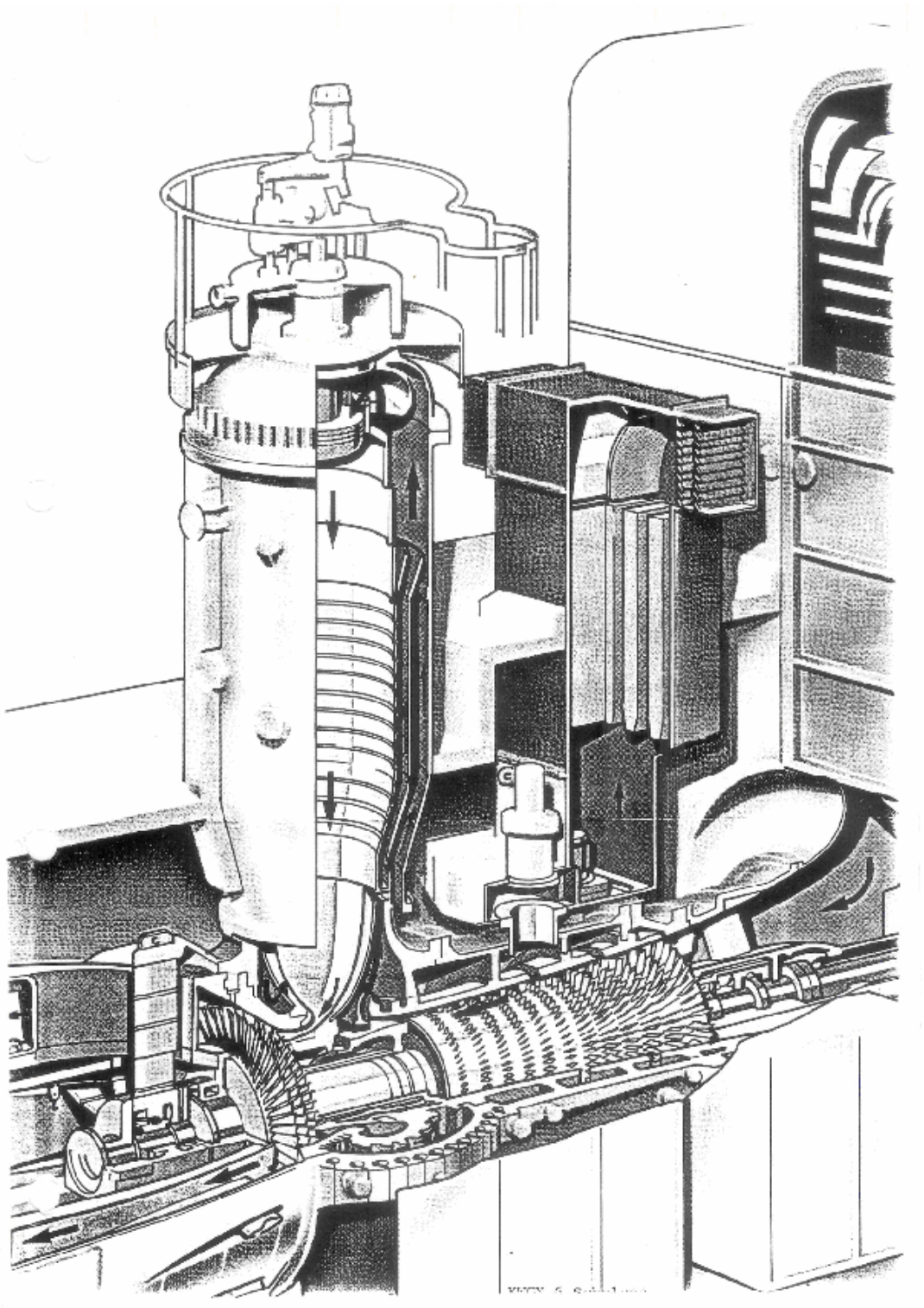
يتكون من صمام الوقود الرئيسي MAIN VALVE وصمام إيقاف الوقود STOP VALVE يقوم بإيقاف الوقود عند حدوث عطل في التربينة والمولد وصمام تصريف الوقودREILEF VALVE يقوم بتصريف الوقود عند إيقاف التشغيل وخانق ORIFICE الخاص بوقود بدء التشغيل وصمام التحكم في كمية الوقود الداخلة إلى غرفة الاحتراق CONTROL VALVE

وفيها يتم فتح صمام الوقود الرئيسي وغلق صمام تصريف الوقود وفتح صمام إيقاف الوقود وفتح صمام التحكم في كمية الوقود ليمر الغاز إلى رشاش الوقود ويكون ضغط الغاز عادتا حوالي 26 bar



نظام الوقود لبدء التشغيل Gas propane

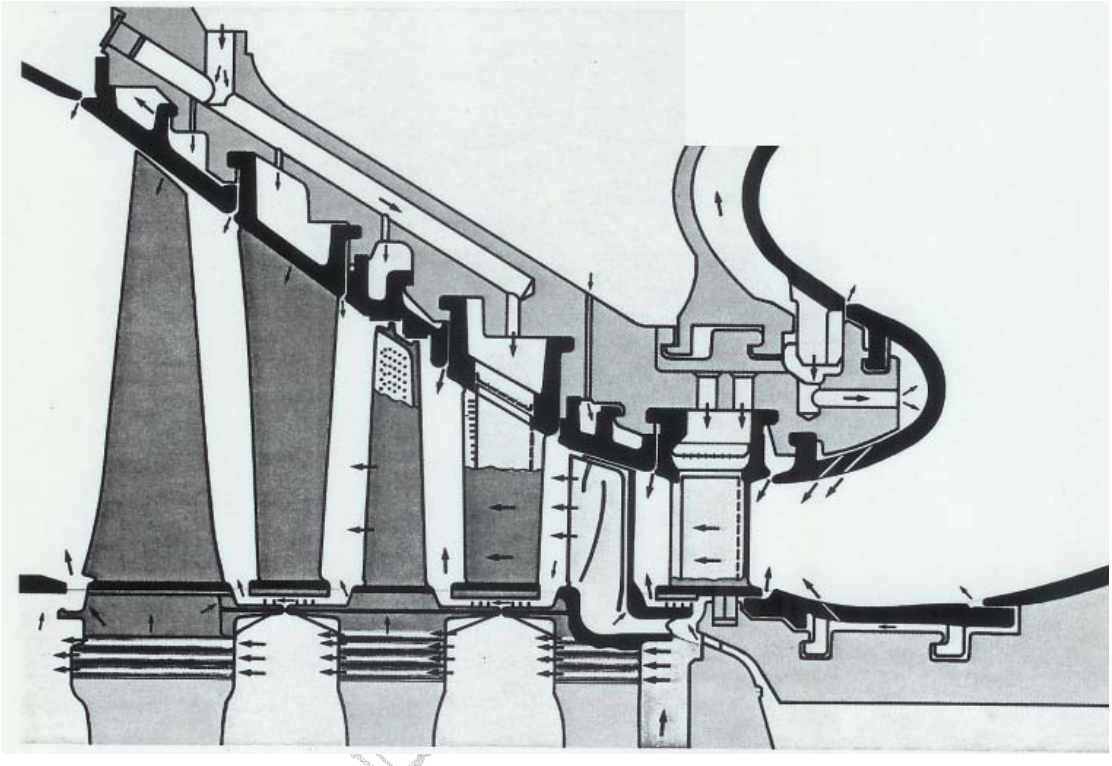
ووظيفية بداية عملية الاشتعال في غرفة الاحتراق بغاز بروبان تحت ضغط 2 BAR ويتم الاشتعال عن طريق شمعة احتراق مثبتة عند فتحة خروج الغاز بجانب رشاش الوقود حيث عند بدية تشغيل التربينة الغازية ووصول السرعة إلى 600 RPM يتم فتح صمام غاز بروبان وقدح شمعة الاحتراق ليتم اشتعال الغاز ومن ثم يتم تشغيل منظومة الوقود الرئيسية



الشكل أعلاه يبين دورة الهواء والغازات الساخنة في التربينة الغازية كما يوضح الريش ومدخل الهواء إلى الضاغط وكراسي التحميل

نظام التبريد بالهواء للأجزاء الساخنة HOT PATH

يتم سحب هواء مضغوط من المراحل الأخيرة للضاغط وتمريره على مبادل حراري COOLER يحتوى على مراوح كهربائية AIR FAN لتخفيض درجة حرارته العالية الناتجة عن انضغاط الهواء إلى درجة حرارة مناسبة لعملية التبريد وأيضا يتم عمل خانق لتقليل ضغط الهواء ويمرر على جميع الأجزاء الساخنة في التربينة الغازية حيث يتم تمرير الهواء إلى العمود ROTOR لتبريده ومن ثم يمرر على الريش المتحركة VAN CARIRR ليتم تبريد الريش المجوفة ثم الخروج مع العادم إلى الهواء الجوى حيث تعتمد نسبة كفاءة التبريد على درجة حرارة الجو وضغط الضاغط ويتم تبريد الريش بالهواء الذي يتم سحبه من مخرج الضاغط لتبريد الريش الثابتة والقراميد الحرارية SEGMENT التي تستخدم لتوجيه الغازات الساخنة إلى ريش التربينة الشكل أدناه يبين دورة التبريد بالهواء للريش الثابتة والمتحركة والقراميد الحرارية



نظام التبريد بالهواء لحامل كرسي التحميل للتربينة SUPORTO COOLING FAN

نظرا لوجود كرسي التحميل للتربينة في ممر العادم يتم تثبيت دعائم لحمل كرسي التحميل حيث يتم تبريد الدعائم بالهواء عن طريق مروحة كهربائية يتم من خلالها دفع الهواء إلى فتحات داخل الدعائم لتبريدها من الداخل وتحتوى منظومة التبريد على مروحتين الأولى تعمل بالتيار المتردد وعند حدوث عطل أو انقطاع التيار يتم تشغيل المروحة الثانية التي تعمل بالتيار المستمر

نظام زيت التزييت LUBE OIL

يعتبر نظام زيت التزييت من أهم الأنظمة المساعدة في التربينة الغازية حيث يتم من خلاله تزييت وتبريد جميع كراسي التحميل للتربينة كما يستخدم ضغط الزيت في بعض منظومات التحكم للتربينة. ويتكون نظام زيت التزييت من مضخة كهربائية مساعدة تقوم بسحب الزيت من الخزان ودفعه إلى المصفيات ومن ثم إلى كراسي التحميل وذالك في حالة إيقاف التربينة الغازية وعندما يتم تشغيل التربينة الغازية يتم إيقاف المضخة الكهربائية عند سرعة 2800 RPM ليتم تزييت الكراسي عن طريق المضخة الميكانيكية المربوطة مع عمود التربينة كما تحتوى المنظومة على أنظمة مساعدة منها:-

مقياس المستوى LEVEL INDICTOR

وهو عبارة عن مقياس مغناطيسي يقوم بتشغيل إنذار في حالة هبوط مستوى الزيت إلى نقطة التحديد على المقياس

مسخن الزيت OIL HEATER

يقوم بتسخين الزيت في حالة إيقاف التربينة وعادتا يتم تشغيل المسخن عن طريق مفتاح حراري عندما تصل درجة حرارة الزيت إلى اقل من 20 C

مضخة الطوارئ للمنظومة EMERGENCY OIL PUMP

عند انقطاع التيار الكهربائي على التربينة يتم تشغيل مضخة زيت تزييت تعمل بالتيار المستمر حيث يتم عن طريقها تزييت كرسي التحميل للتربينة ودفع زيت إلى مضخة رفع العمود لتامين تشغيل منظومة تدوير العمود

مصفيات الزيت OIL FILTER

تقوم مصفيات الزيت بتنقية الزيت من الشوائب ويتم تركيب مقياس فرق ضغط لمراقبة الضغط على طرفي المصفى وذالك لتأكد من عدم اتساخ المصفى وهبوط الضغط عند خرج المصفى

منظومة سحب أبخرة الزيت وخلخلة الخزان VACUUM OIL SYSTEM

يتم تثبيت مروحة لسحب ألأبخرة الناتجة من الارتفاع السريع لدرجة حرارة الزيت وطردها إلى خارج الخزان وأيضا جعل الضغط داخل الخزان اقل من الضغط الجوى لتسهيل عملية رجوع الزيت من كراسي التحميل إلى الخزان

نظام الدوران البطئ للعمود ROTOR BARING

ووظيفته تدوير العمود بعد عملية إيقاف التربينة الغازية ربع لفة لكل دقيقة وذلك لتفادى حدوث انحناء للعمود نتيجة لعدم تساوى درجة حرارته ويتكون من مضخة الزيت لتوفير زيت تحت ضغط 25bar وترس التدوير ويحتوى على مكبس وذراع التدوير بحيث يتم الضغط على المكبس بواسطة الزيت ليتم تحريك ذراع التدوير إلى الأعلى ليقوم بتدوير الترس وبالتالي العمود ويحتوى أيضا على صمام تحكم لتمرير وإيقاف الزيت إلى ترس التدوير وأيضا مضخة رفع العمود التي تقوم برفع العمود عن طريق دفع زيت تحت ضغط 900bar إلى فتحات تحت كراسي التحميل للضاغط والتربينة والمولد ليتم تدفق الزيت مابين العمود وكرسي التحميل وذلك لمنع عملية الاحتكاك

مضخة رفع العمود JACKING OIL PUMP

نظرا لثقل عمود الدوران في التربينة الغازية يجب رفع العمود وتكوين شريط زيت ما بين كرسي التحميل وعمود التربينة وذلك عن طريق مضخة زيت لضخ الزيت إلى فتحات تحت كراسي التحميل للعمود لتكون شريط زيت مابين كرسي التحميل والعمود لمنع الاحتكاك وتسهيل الحركة للعمود

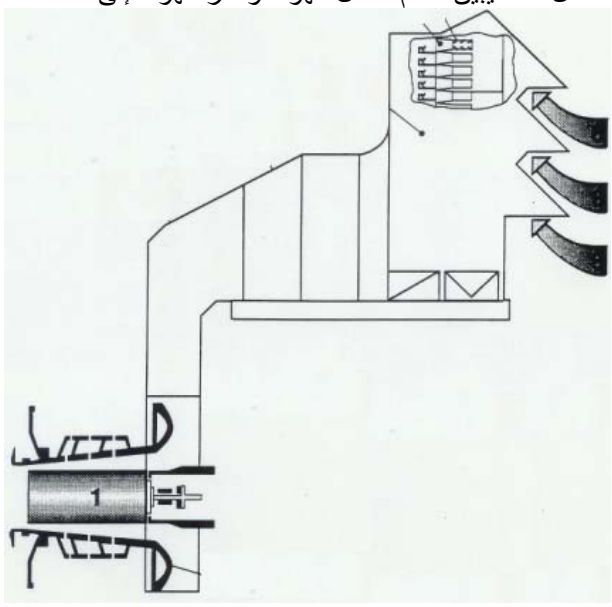
نظام التبريد بالماء WATER COOLING

تحتوى منظومة التبريد بالماء على مبادل حراري لتبريد هواء تبريد ملفات المولد ومبادل حراري لتبريد زيت التزييت لكراسي التحميل للتربينة حيث يكون ضغط المياه في أنابيب التبريد اكبر من 2 BAR ويتم تدوير المياه عن طريق مضخة كهربائية لتضخ المياه إلى المبادل الحراري لتبريد مياه التبريد عن طريق مراوح كهربائية

نظام مدخل الهواء AIR INTAKE SYSTEM

يحتوى نظام مدخل الهواء على عدد كبير من المصفيات لتنقية الهواء الداخل إلى الضاغط من الشوائب ويتم تنظيف مصفيات الهواء من الشوائب عن طريق نظام التنظيف الذاتي حيث يتم دفع هواء مضغوط داخل المصفى بعكس اتجاه سحب الهواء يصل ضغط الهواء إلى 8 BAR لتنظيف المصفى من الأتربة العالقة ليتم سحب الأتربة إلى الأسفل عن طريق مراوح سحب كهربائية

الشكل أدناه يبين نظام مدخل الهواء وممر الهواء إلى الضاغط



المهندس/ مدحت سعيد بوخليفة

منظومة زيت القدرة POWER OIL SYSTEM

وهى منظومة ذات ضغط عالي تستخدم في فتح وغلق صمامات الوقود وصمامات الهواء حيث يتم ضغط الزيت إلى 25BAR ومرور الزيت على صمامات أمان SAFETY VALVE تقوم بتغيير مسار الزيت إلى الخزان عند فتح اى منها عند حدوث اى عطل في مكونات التربينة الغازية ويتم فتح الصمامات عن طريق صمام مغناطيسي SOLENOID VALVE يستقبل إشارة الفصل TRIP من منظومة التحكم في التربينة وعادتا يستخدم زيت التزييت في غلق صمامات الأمان لمنظومة زيت القدرة ويتم مد جميع الصمامات بخط زيت بحيث يتم فتح وغلق الصمامات عن طريق صمام مغناطيسي يقوم بدفع الزيت إلى المكبس PISTON المثبت اعلي الصمام الذي بدوره يقوم بالضغط على النابض SPRING ليتم فتح الصمام وعند عملية الغلق يتم غلق الصمام عن طريق إيقاف ضغط الزيت على المكبس بواسطة الصمام المغناطيسي الذي يستقبل إشارة الفتح والغلق من منظومة التحكم CONTROL SYSTEM

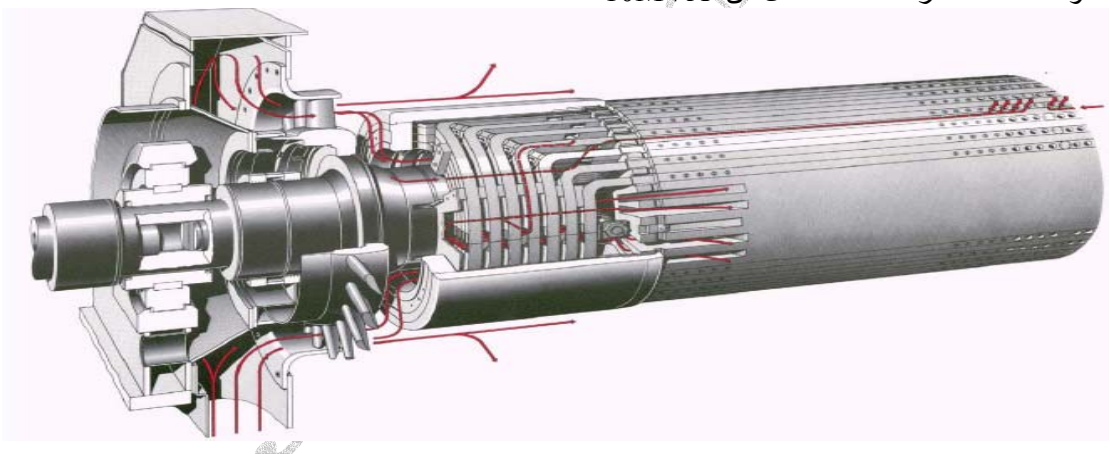
وعند حدوث اى عطل في مكونات التربينة الغازية يتم فتح صمامات الأمان لزيت القدرة لتقوم بتغيير مسار الزيت إلى الخزان وبالتالي غلق جميع الصمامات بسبب انقطاع ضغط الزيت

نظام التبريد بالهواء للمولد GENERATOR COOLING

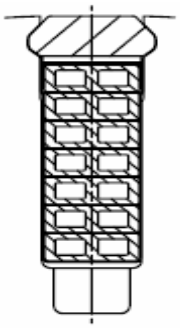
نتيجة لمرور تيار عالي في الملفات إثناء تحميل المولد والذي يتسبب في رفع درجة حرارة الملفات يتم تبريد ملفات المولد بعدة طرق تختلف كلا حسب نوع المنظومة وكلفتها وكفاءتها

نظام تبريد ملفات المولد بالهواء (دورة مفتوحة) OPEN CYCLE

وفيها يتم تمرير هواء إلى ملفات المولد الثابتة والمتحركة عن طريق مراوح مثبتة على عمود المولد لتبريد الملفات ومن ثم خروج الهواء من وسط المولد وتسمى هذه الطريقة بالدورة التبريد المفتوحة وتستخدم في المولدات ذات القدرة المنخفضة اقل من 10MVA



في الشكل أعلاه يوضح مروحة الهواء مثبتة على العمود الدوار للمولد حيث يتم تبريد ملفات العمود المجوفة والملفات الثابتة للمولد

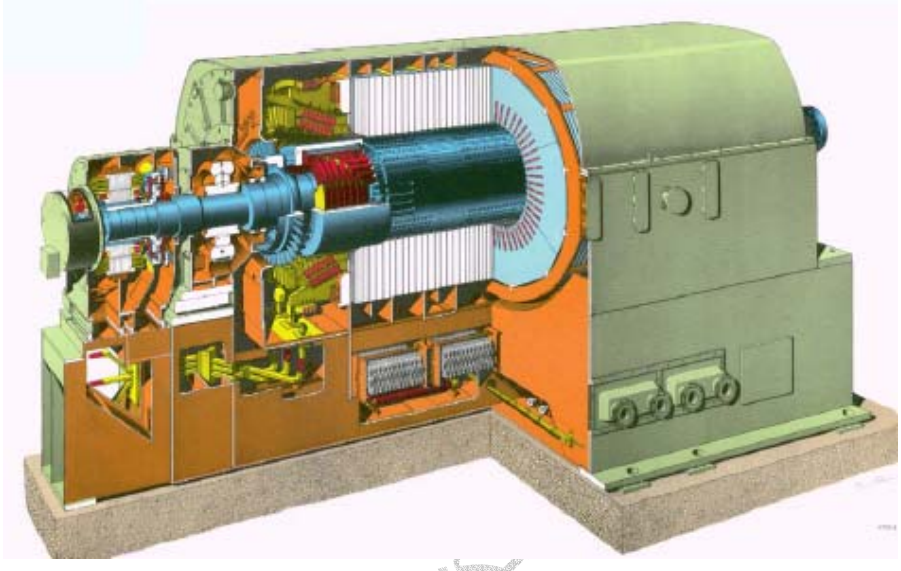


في الشكل أعلاه يوضح الملفات المجوفة للعمود الدوار للمولد

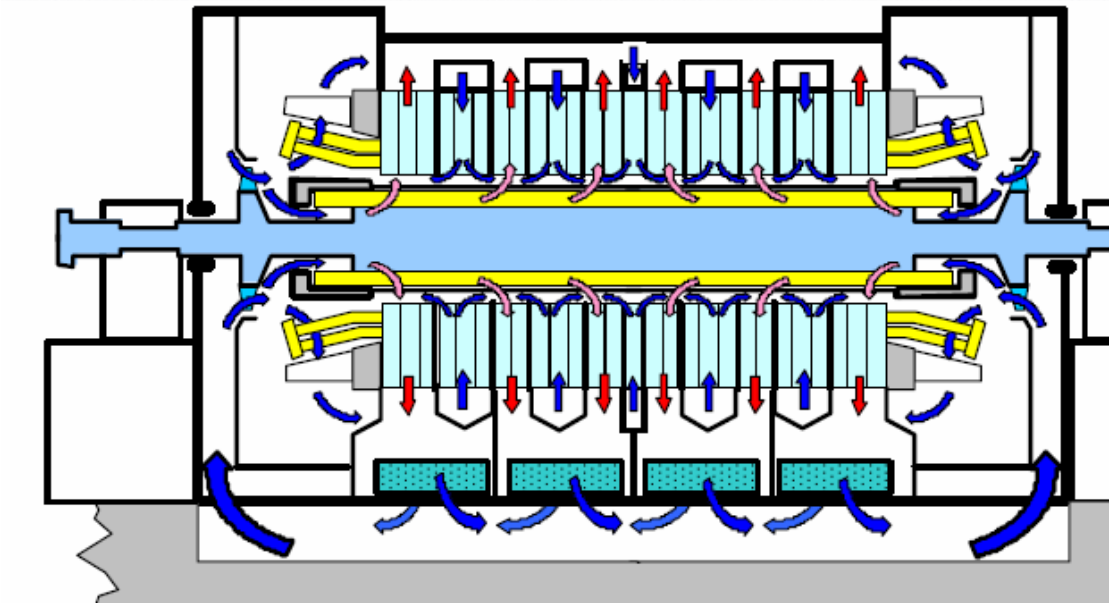
نظام تبريد ملفات المولد بالهواء (دورة مغلقة) CLOSE CYCLE

وفيها يتم تمرير هواء إلى ملفات المولد الثابتة والمتحركة عن طريق مراوح مثبتة على عمود المولد لتبريد الملفات ومن ثم يمرر الهواء الساخن على مبادل حراري WATER COOLER مثبت في أسفل المولد لتبريد

الهواء ومن ثم تمرير الهواء البارد إلى الملفات مرة أخرى وهكذا وتسمى هذه الطريقة بالدورة التبريد المغلقة وتستخدم في المولدات ذات القدرة المتوسطة اقل من 200MVA .
والمبادل الحراري يحتوى على مياه تبريد يكون عادتا تحت ضغط 2 BAR يتم تدوير المياه عن طريق مضخة WATER COOLING PUMP لتمرير المياه الساخنة إلى مبادل حراري يتم من خلاله تبريد المياه بالهواء عن طريق مراوح كهربائية.
ومن عيوب هذه الطريقة أن كفاءة التبريد تكون منخفضة عندما تكون درجة حرارة الجو عالية



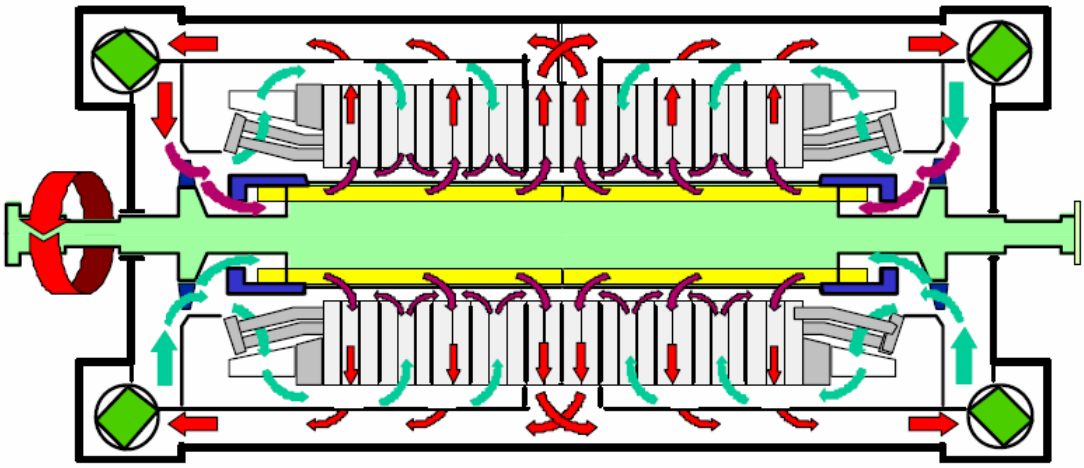
الشكل أعلاه مقطع جزئي للمولد يوضح مراوح دفع الهواء مثبتة على العمود الدوار لتبريد ملفات الثابتة والمتحركة للمولد ويبين المبادلات الحرارية لتبريد هواء تبريد الملفات



في الشكل أعلاه يوضح الدورة المغلقة لتبريد ملفات المولد بالهواء حيث نلاحظ فصل ممر الهواء البادر عن ممر الهواء الساخن لتوجيه إلى المبادلات الحرارية المثبتة أسفل المولد ليتم سحبه مر أخرى ليشكل دورة تبريد مغلقة

نظام تبريد ملفات المولد بغاز الهيدروجين TOP GAS GENERATOR COOLING
وفيها يتم ضغط المولد بغاز الهيدروجين حتى 5 BAR ليتم تبريد الملفات الثابتة والمتحركة حيث يتم تدوير الغاز عن طريق مراوح مثبتة في العمود الدوار للمولد ومن ثم يمرر إلى المبادل الحراري لتبريد الغاز الساخن وتمتاز هذه الطريقة بكفاءة تبريد عالية جدا حتى في أقصى الظروف المناخية إلا إن من عيوبها ارتفاع كلفتها وخطر

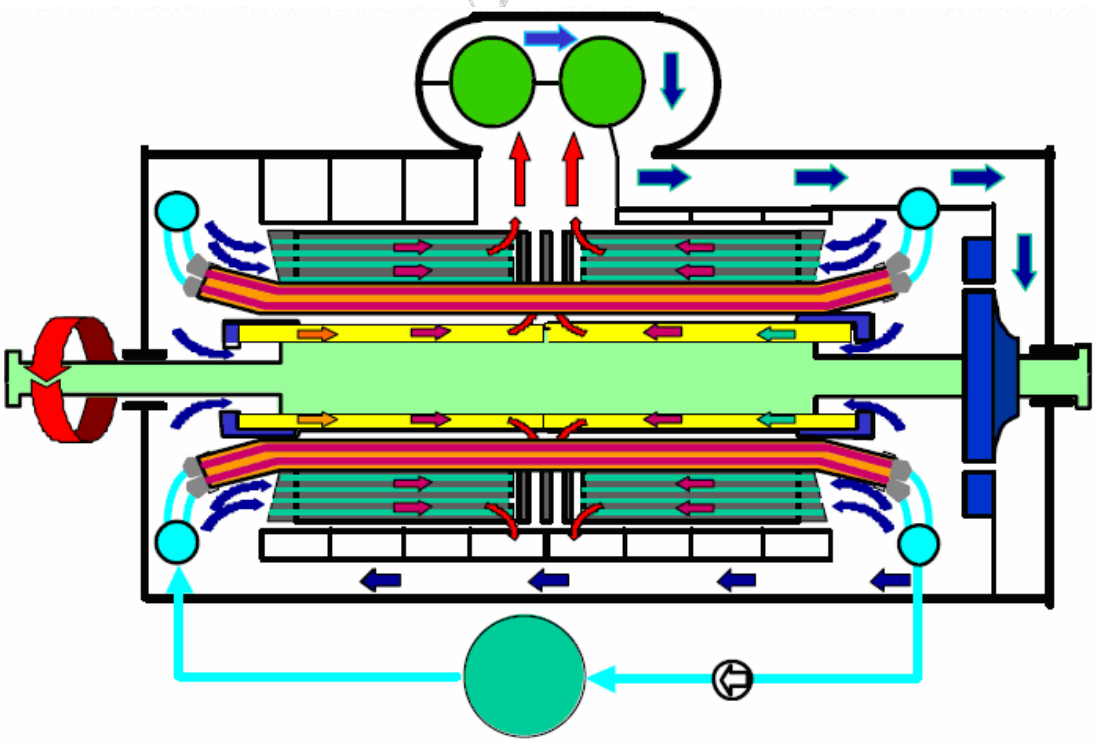
انفجار الغاز عند تعرضه للجو وتستخدم في المولدات ذات القدرة الكبيرة التي تكون قدرتها اكبر من 200MVA .



في الشكل أعلاه يوضح نظام التبريد باستخدام غاز الهيدروجين

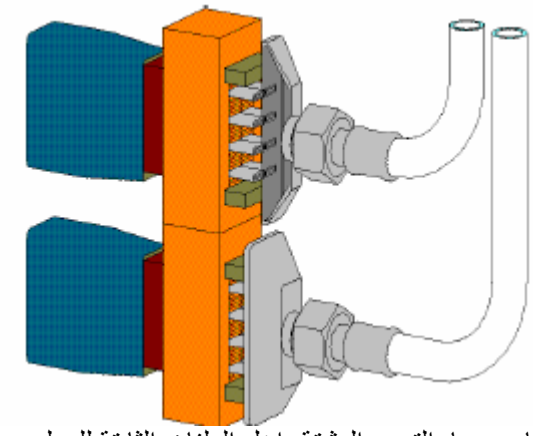
نظام تبريد ملفات المولد بغاز الهيدروجين والماء H2/H2O GENERATOR COOLING

وفيها تبريد ملفات المولد بغاز الهيدروجين والماء في آنا واحد حيث يتم ضغط المولد بغاز الهيدروجين حتى 5.5 BAR ليتم تبريد الملفات الثابتة والمتحركة وفيها يتم تدوير الغاز عن طريق مراوح مثبتة في العمود الدوار للمولد ومن ثم يمرر إلى المبادل الحراري اعلي المولد لتبريد الغاز الساخن وأيضا يتم ضخ مياه تبريد داخل فتحات معزولة في ملفات المولد الثابتة لتبريد الملفات من الداخل ومن ثم تبريد الماء الساخن عن طريق مبادل حراري مثبت أسفل المولد ليتم ضخ الماء البارد إلى ملفات المولد مرة أخرى في دورة تبريد مغلقة وتستخدم هذه الطريقة في المولدات ذات القدرات العالية اكبر من 800MVA



في الشكل أعلاه يوضح نظام تبريد ملفات المولد بغاز الهيدروجين والماء حيث يتم تدوير الغاز خلال الملفات ومن ثم دفع الغاز الساخن إلى المبادل الحراري المثبتة في اعلي المولد لتبريد الغاز كما نلاحظ أنابيب المياه

المثبتة في الملفات الثابتة للمولد لتبريد الملفات من الدخل ومن ثم دفع الماء الساخن عن طريق مضخة إلى المبادل الحراري لتبريد مياه التبريد



في الشكل أعلاه يوضح شكل أنابيب مياه التبريد المثبتة داخل الملفات الثابتة للمولد

نظام بدء الحركة لتربينه الغازية STATIC FREQUENCY CONVERTER

مغير الذبذبة الثابت وهو عبارة عن منظومة متكاملة وضيفتها تشغيل المولد كمحرك في بداية تشغيل التربينة الغازية وهى تعتمد في نظرية عملها على تحويل التيار المتغير إلى تيار مستمر عن طريق ثايرسترات ومن ثم تحويل التيار المستمر إلى تيار متغير وذلك بفتح وغلق الثايرسترات تدريجيا لكي نحصل على تغير في الذبذبة تدريجيا وبالتالي يتم تغيير السرعة تدريجيا حتى يتم تعجيل سرعة التربينة

بدء تشغيل التربينة الغازية

عند بدية تشغيل التربينة الغازية يجب تشغيل الأنظمة المساعدة مثل نظام الدوران البطئ للعمود ونظام زيت التزييت ونظام التبريد بالهواء الخاص بحامل كرسي التحميل للتربينة وعند إصدار أمر بدء التشغيل يقوم نظام التحكم في التربينة الغازية بتشغيل التربينة على مراحل وخطوات بحيث كل خطوة يتم فيها تشغيل نظام معين حتى إتمام عملية التشغيل

الخطوة الأولى

يتم تشغيل نظام زيت التزييت وفتح مراوح توجيه الهواء الخاصة بالضاغط وتشغيل نظام الوقود بحيث إذا كان اختيار نوع الوقود هو الوقود السائل يتم إصدار أمر ليتم تشغيل منظومة دفع الوقود من الخزانات الرئيسية ومن ثم يتم فتح صمام الوقود الرئيسي ويتم تشغيل نظام التنظيف الذاتي لمصفى الوقود ومن ثم يتم تشغيل مضخة الوقود الرئيسية وإذا كان نوع الوقود هو الغازي يتم غلق صمام تصريف الغاز وفتح الصمام الرئيسي وتشغيل مروحة طرد الغازات الخاصة بصندوق نظام الوقود الغازي ثم يتم تشغيل مضخة تدوير مياه التبريد وتشغيل مروحة تبريد حامل كرسي التحميل

الخطوة الثانية

يتم تشغيل نظام زيت القدرة وتشغيل مراوح تبريد مياه التبريد الخاصة بزيت التزييت والمولد

الخطوة الثالثة

يتم تشغيل نظام بدء الحركة للتربينة SFC حيث يتم غلق مفتاح تغذية محول نظام بدء الحركة ومفتاح تغذية الملفات الثابتة للمولد ومفتاح تغذية ملفات العضو الدوار للمولد ومفتاح تغذية نظام التحكم في بدء الحركة ومن ثم تشغيل المنظومة فيتم تعجيل سرعة التربينة إلى إن تصل السرعة إلى 150 RPM عندها يتم غلق صمام تصريف الوقود الخاص بغرفة الاحتراق إلى إن تصل السرعة إلى 600 RPM عندها يتم تشغيل نظام الاشتعال الأبتدائى لغرفة الاحتراق حيث يتم فتح صمام الغاز PROPAN وتشغيل شمعة الاحتراق

الخطوة الرابعة

عند اختيار الوقود السائل يتم فتح صمام الحد من كمية الوقود وفتح صمام إيقاف الوقود وغلق صمام تصريف الوقود وفتح صمام التحكم في كمية الوقود ليتم اشتعال الوقود داخل غرفة الاحتراق وعند اختيار الوقود الغازي يتم فتح صمام إيقاف الوقود الغازي وغلق صمام تصريف الوقود الغازي وصمام تصريف الوقود السائل عندها يتم تدفق الغاز إلى غرفة الاحتراق عن طريق الخانق الخاص بوقود بدء التشغيل ليتم اشتعال الوقود داخل غرفة الاحتراق وعند استلام إشارة وجود لهب في غرفة الاحتراق يتم إيقاف نظام الاشتعال الأبتدائى وإذا فشلت عملية الاشتعال خلال 10S يتم فصل التربينة.وتستمر عملية تعجيل التربينة بواسطة احتراق الوقود ونظام بدء الحركة إلى إن تصل السرعة إلى RPM1000 عندها يتم فتح صمام التحكم في كمية الوقود الغازي تدريجيا.

ألخطوه الخامسة

عندما تصل السرعة إلى 1980RPM يتم فصل نظام بدء الحركة ويتم اعتماد التربينة على نفسها إلى إن تصل السرعة إلى 2700 RPM عندها يتم إيقاف مضخة زيت التزييت المساعدة وتشغيل نظام تحريض المولد حيث يتم غلق مفتاح تغذية المحرض EXCITERإلى إن تصل السرعة إلى 2800RPM عندها يتم غلق صمامات نزف الهواء الخاصة بالضاغط إلى إن تصل السرعة إلى 3000RPM حيث يتم تشغيل نظام توافق مولد مع الشبكة وعند توفر شروط التوافق وهى تساوى جهد المولد مع جهد الشبكة وتساوى تردد المولد مع تردد الشبكة وتطابق الوجهى بين أطوار المولد وأطوار الشبكة عندها يتم غلق مفتاح المولد وبداية عملية تحميل المولد على الشبكة

إيقاف التربينة الغازية

وعند إيقاف التربينة الغازية يتم تخفيض الأحمال ومن ثم أجراء عملية التبريد للتربينة الغازية حوالي 5 دقائق ومن ثم تخفيض السرعة تدريجيا وفتح صمامات نزف الهواء للضاغط إلى إن تصل السرعة RPM1800 عندها يتم إيقاف الاشتعال داخل غرفة الاحتراق وغلق جميع صمامات الوقود وفتح صمام تصريف الوقود إلى إن تصل السرعة RPM84 عندها يتم فتح صمام تصريف الوقود الخاص بغرفة الاحتراق وعند وصول سرعة العمود إلى الصفر يتم تشغيل نظام الدوران البطئ وضاغط تبريد رشاش الوقود

المهندس الكتروني صالح سعيد بو خليفة