الدكتور المهندس
علي صبح
أستاذ في جامعة دمشق
كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية

هندسة قاطرات الديزل

السنة الخامسة ـ هندسة الآليات

حقوق التأليف والطبع والنشر محفوظة لجامعة دمشق

منشورات جامعة دمشق
١٤١٤ ـ ١٤١٥ هـ
١٩٩٤ ـ ١٩٩٥ م

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

مقـــدمة

ظهرت مواصلات الخطوط الحديثة في النصف الاول من القرن التاسع عشر وذلك باستخدام الجر البخاري بوساطة القاطرات البخارية ، حيث تتحول الطاقة الكيميائية الكامنة في الوقود (الفحم ، مشتقات النفط) الى طاقة ميكانيكية بوساطة المجموعة البخارية المؤلفة من مرجل بخاري يولد الطاقة ومحرك يحولها الى طاقة ميكانيكية . ويرافق طريقة التوليد والتحويل هذه مفاقيد حرارية عالية ، تجعل عمل القاطرة البخارية غير اقتصادي ولدرجة كبيرة ، حيث لا يتعدى المردود الحراري فيها ٥ ــ ٧٪ فقط أي أن ٥ ــ ٧٪ من طاقة الوقود يستخدم في عملية الجر والباقي من الطاقة يهدر ويفقد دون رجعة .

لهذا السبب استبدلت بالقاطرات البخارية التي بقيت قرنا من الزمن الوسيلة الوحيدة المستخدمة لجر القطارات ، القاطرات الحديثة كقاطرات الديزل والقاطرات الكهربائية وغيرها .

ففي الثلث الاول من القرن العشرين بدأ استثمار قاطرات الديزل ، التي تستخدم محركات ديزل عالية المردود . وتوقفت صناعةواستثمار القاطرات البخارية في جميع أنحاء العالم .

تصنف قاطرات الديزل الى قاطرات لجر قطارات الركاب وقاطرات لجر قطارات الشحن وأخرى للمناورة .

وهناك قاطرات ديزل كهربائية وقاطرات ديزل هيدروليكية وذلك طبقا لنظام نقل وتحويل طاقة الديزل الى عجلات القاطرة .

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الفصل الاول

مبادىء اولية عن قاطرات الديزل

١ ـ الاجزاء الرئيسة للقاطرة ومبدأ عملها :

أهم الاجزاء الرئيسة في القاطرة ، هو المحرك (الديزل) الذي يقوم بتحويل الطاقة الكامنة للوقود الى طاقة حرارية ثم الى ميكانيكية لعمود المرفق .

ان خواص الديزل كمحرك لا تتوافق مع الشروط والمتطلبات الضرورية لعملية الجر اذ أن استطاعة الديزل تتناسب طردا مع عدد دورانه (عند ثبات كمية الوقود) ومن المفضل للديزل العمل على نظام مستقر يعطي من خلاله الاستطاعة العظمى عند الدوران الاعظمي .

ولكي يستطيع الديزل العمل بنظام دوران مستقر يجب نقل استطاعته الى عجلات القاطرة (التي يتغير عدد دورانها باستمرار) بوساطة نظام النقل والتحويل ، وليس بشكل مباشر من الديزل الى العجلات .

ان نظام النقل هذا يجعل الديزل أكثر تأقلما مع ظروف عمل القاطرة المختلفة .

تستخدم القاطرات نظم نقل كهربائية وأخرى هيدروليكية ، كما تستخدم نظم نقل ميكانيكية أحيانا .

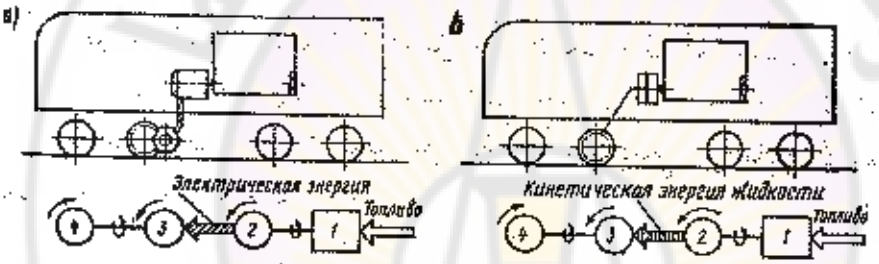
في النظام الكهربائي شكل (١ ـ a) تصل طاقة الديزل D الى المولد الكهربائي ٢ حيث تتحول فيه الى طاقة كهربائية ، بعدها تصل الطاقة الكهربائية

الى محركات الجر الكهربائية ٣ ، التي ترتبط بالعجلات ٤ وتقوم بتدويرها .

في النظام الهيدروليكي شكل (١ ــ b) تصل استطاعة الديزل الى دولاب المضخة ٢ الذي يعطي السائل طاقته ، ويقوم السائل بتدوير الدولاب التوربيني ٣ عندما يصل اليه وتدور مع الدولاب الاخير عجلات القاطرة ٤ .

اضافة لمحرك الديزل ونظام النقل ، هناك أجزاء رئيسة أخرى تتألف منها القاطرة وهي : جسم القاطرة والتجهيزات والآلات المساعدة .

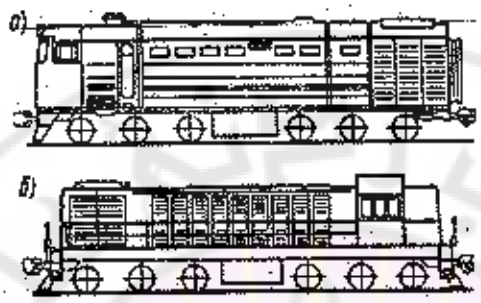
يتألف جسم القاطرة من الهيكل والقاعدة الرئيسة ، مجموعة القطر ، نظام التعليق والسرائر والعجلات وغيرها .



شكل (١)

للهيكل نوعان شكل (٢) اما على شكل مغلق بالكامل أو مفتوح يسمح بالخروج من حجرة القيادة (b) . ويعود الهيكل الاول للقاطرات التي تجر القطارات المختلفة ويعود الهيكل الثاني القاطرات المناورة .

للقاطرة سريران يستند اليهما جسم القاطرة ، ويكون السرير عادة ثنائي المحاور أو ثلاثية ، في كل محور زوج من العجلات ، يمكن للسرير الدوران حول محور عمودي في المستوى الافقي ، نسبة الى جسم القاطرة بزاوية صغيرة نسبيا (٣ ــ ٤) درجات ، بحيث تستطيع القاطرة عبور المنعطفات المختلفة . تتألف التجهيزات المساعدة في القاطرة من نظم الديزل المختلفة ، نظام الوقود ، نظام



شكل (٢)

التبريد ، نظام الزيت ، ونظم الامداد بالرمل واطفاء الحريق وغيرها على الشكل (٣) يظهر مقطع طولي في قاطرة حديثة ، تحتوي على ديزل رباعي الاشواط استطاعته ٢٢٠٠ كيلووات ، نظام نقل كهربائي يعمل بالتيار الكهربائي المتناوب ـ المستمر ، ويتألف من منوبة كهربائية متواقتة ثلاثية الاطوار ، مجموعة تقويم التيار المتناوب مؤلفة من عناصر مصنوعة من أنصاف النواقل ٣ ، ومحركات الجر الكهربائية العاملة بالتيار الكهربائي المستمر .

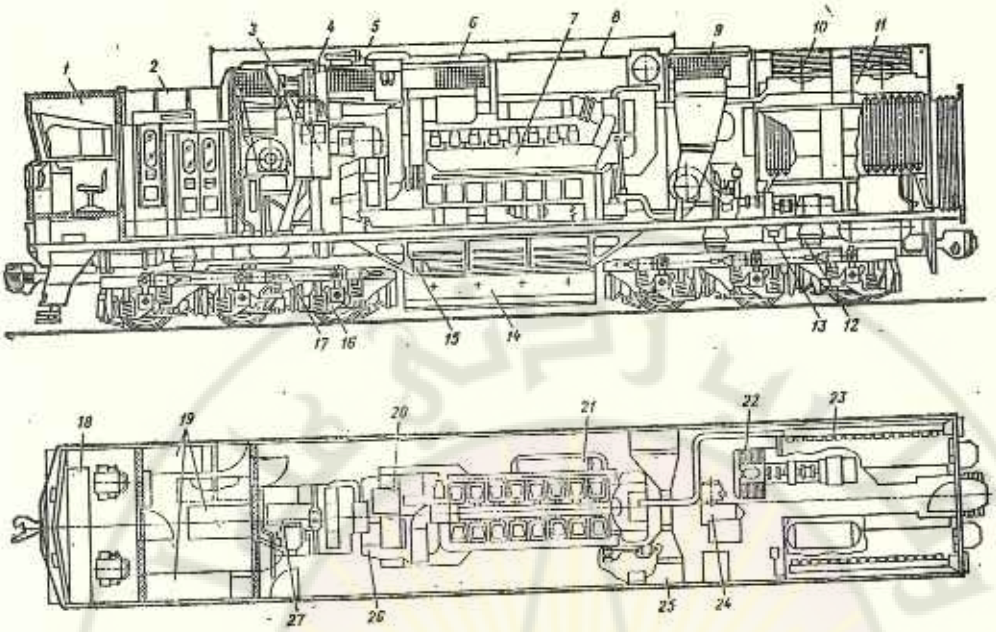
يتألف الهيكل من حجرة ١ ، سقف حجرة التجهيزات والآلات الكهربائية ٢ سقف الديزل ٨ ، سقف حجرة نظام التبريد ١١ ، وتظهر على السقف المصافي الهوائية ٦ ، ٩ .

على الشكل (٤) يظهر مقطع طولي في قاطرة ديزل للمناورة ، وتحتوي على ديزل رباعي الاشواط ، استطاعته ٨٨٠ ك٠وات ، يستند المولد الكهربائي الرئيس ٨ الى القاعدة ٢ ، فوق خزان الوقود ١٧ .

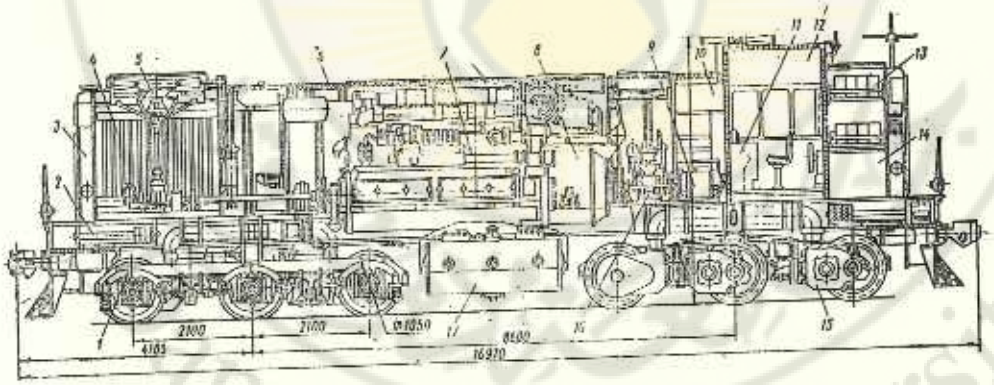
يتألف الهيكل من أربعة أقسام ، يؤلف القسم الاول الامامي مقرا لنظام التبريد ٣ ،وتوجد المشعات ٤ على الجوانب ، والمروحة ٥ في المركز ويحتوي القسم الوسطي على مجموعة الديزل ـ المولد الكهربائي مع التجهيزات المساعدة ويفصلها عن الاجزاء الاخرى • تستند حجرة القيادة١٢ الى القسم الاوسط من الهيكل • ويحتوي القسم الاخير من الهيكل المدخرات الكهربائية ١٣ •

لهذه القاطرة سريران ، ثلاثية المحاور ١ ، يوجد على كل سرير ثلاثة محركات كهربائية b •

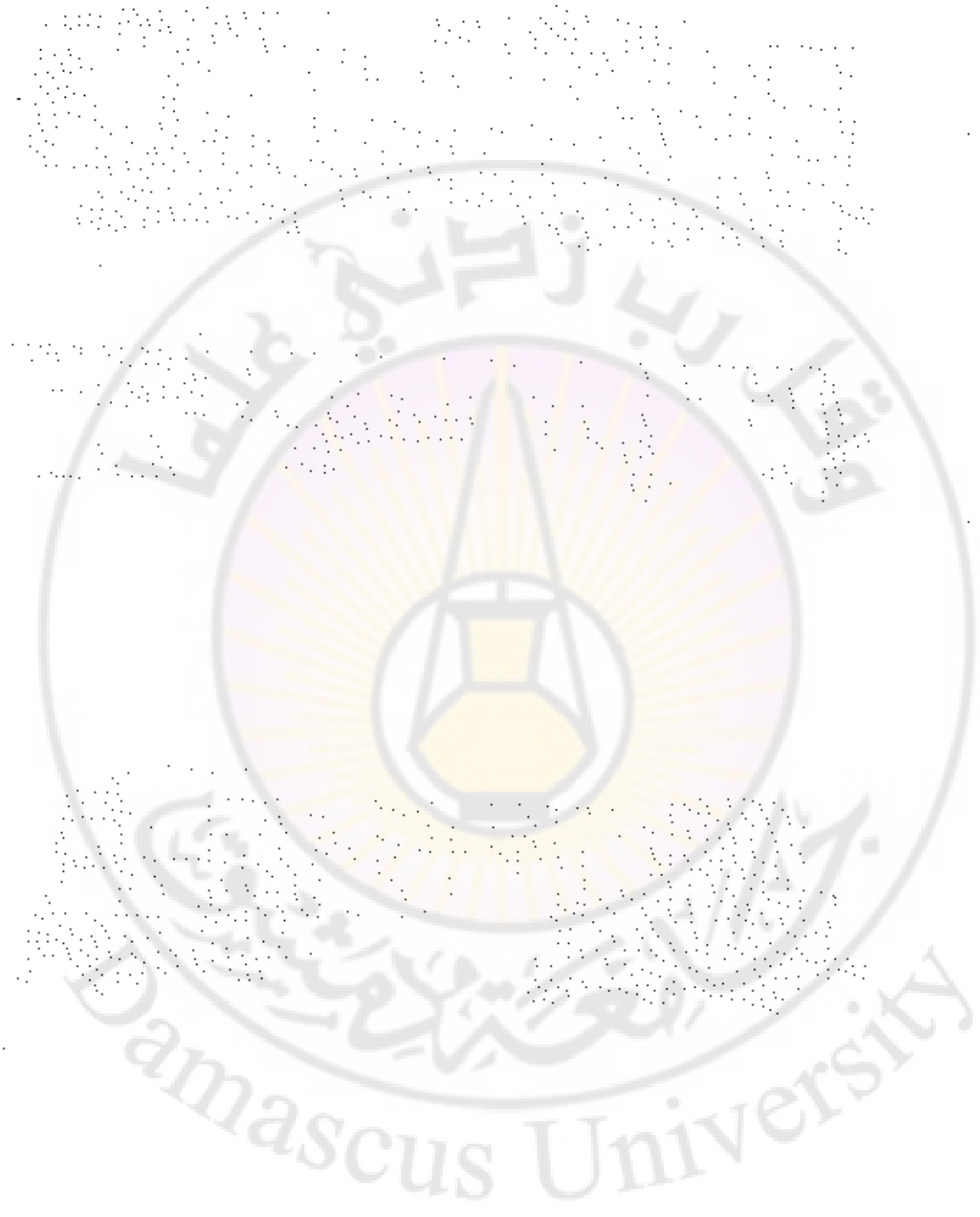
ـ في القاطرات الهيدروليكية ، تتوضع المعدات الهيدروليكية في مكان المولد الكهربائي ، وتتوضع المحولات الميكانيكية المحورية في مكان محركات الجر ، ترتبط التجهيزات الهيدروليكية والمحولات الميكانيكية مع مجموعة من محاور نقل الحركة (جملة كاردان) • وتحتوي قاطرة الديزل الهيدروليكية عادة على محركي ديزل ، لكل منهما نظامه الهيدروليكي الخاص فيه ، والذي يقوم بتحريك سرير من سرائر القاطرة •


1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27

شكل (٣)


1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
2100
2100
16970

شكل (٤)


Damascus University

الفصل الثاني

ديـزل القـاطرات

الخواص الرئيسة والمتطلبات الضرورية :

إن محرك الديزل هو الذي يحدد اقتصادية عمل القاطرة بشكل رئيس ، ومن أهم مواصفاته ، درجة اقتصاديته ، وثوقيته ، وعمله الآلي .

ـ اقتصادية الديزل : هي قدرته على العمل بأقل معدل استهلاك نوعي للوقود والزيت ، ضمن مجال واسع من الحمولات الاستثمارية .

تتراوح قيمة الاستهلاك النوعي للوقود في الديزل الحديث من ٢٠٠ ـ ٢٢٠ غ/واتساعة تبعاً للاستطاعة الاسمية .

ـ الوثوقية : هي قدرة المحرك على العمل دون أعطال ، على مختلف النظم الاستثمارية وفي مختلف درجات الحرارة للجو المحيط (من ـ ٤٠ الى + ٤٥) مئوية .

مؤشرات الوثوقية هي : العمر الفني للديزل وللاجزاء الرئيسة فيه ، عدد الاعطال الحاصلة خلال ١ مليون كم مسير . وتحدد الشركة الصانعة عادة عدد ساعات العمل للقاطرات المختلفة ، حتى الاصلاح الجاري وحتى الاصلاح المتوسط والعام .

وهناك متطلبات خاصة من ديزل القاطرات ، تحددها بنية القاطرة ذاتها وعملها (أبعاد القاطرة ، حمولات محاور الحركة على الخط الحديدي وبعض الخصائص

الاخرى الموافقة لظروف العمل والاستثمار ، ككتلة الديزل ، أبعاده وكتل الاجهزة المساعدة .

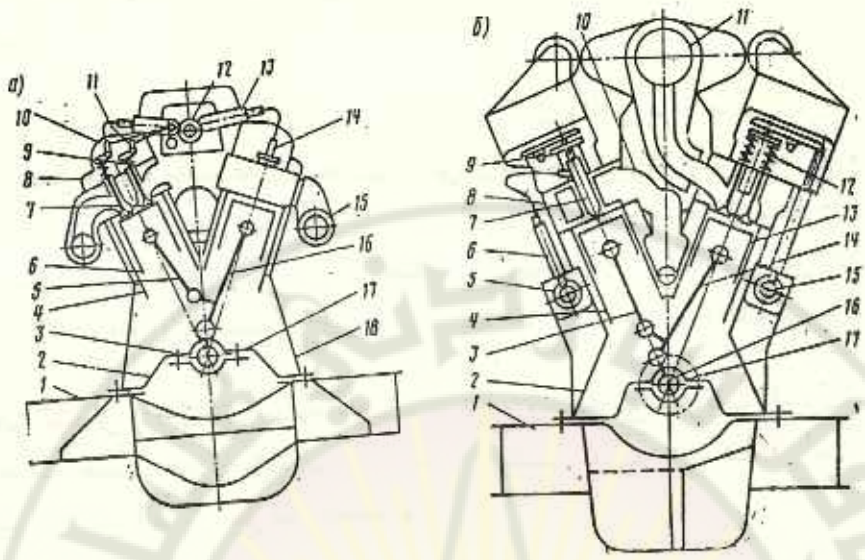
١ ــ بنية الديزل والمؤشرات الرئيسة :

كل محركات القاطرات ذات مزيج داخلي واشتعال ذاتي وتبريد مائي تحتوي هذه المحركات نظم شحن قسري توربيني للهواء ، ويبلغ الضغط الوسطي الفعلي ١ر٠ MPa في المحركات ثنائية الاشواط و ١ر٤ ــ ١ر٨ MPa في رباعية الاشواط ، تتميز الدورة الحرارية بارتفاع ضغط الهواء المشحون وارتفاع نسبة الانضغاط ودرجة التمدد ، وتتراوح قيمة معامل فائض الهواء ١ر٨ ــ ٢ر٥ ، وتبلغ قيمة الضغط الاعظمي للاحتراق ٨ ــ ١٢ MPa .

تتميز محركات القاطرات بدورانها الوسطي ، وتتراوح سرعة المكبس الوسطية من ٧ ــ ١٠ م/ثا . وعدد الدوران ١٠٠٠ ــ ١٥٠٠ دورة / دقيقة . على الشكل (٥ ــ a) يظهر مقطع طولي في ديزل متطور على قاطرة حديثة ، رباعي الاشواط، على شكل حرف V مزود بشاحن توربيني ، يستند جسم المحرك ١٨ الى القاعدة ١ . على الاعمدة ٢ من الاسفل تثبت الحوامل ٣ التي تحتوي على مقرات قشور المضاجع الثابتة .

تثبت الاسطوانات ٤ في كتلة الاسطوانات ، وتغلق من الاعلى بالاغطية ٨ ، التي تحتوي على صمامات الطرد ٧ وصمامات الامتصاص ٩ ، ووحدات الحقن (البخاخات) ١٤ . تتحرك الصمامات بوساطة محور التوزيع ١٢ والاذرع والعتلات ١١ ، ١٠ ، وبوساطة المحور ذاته تدور مضخات الوقود ذات الضغط العالي ١٣ .

يظهر على الشكل (٥ ــ b)مقطع في ديزل آخر على قاطرة أخرى ، وهو محرك رباعي الاشواط ، على شكل حرف V مزود بنظام شحن قسري توربيني . يستند جسم الديزل ٢ على القاعدة ١ ، ويستند عمود المرفق ١٦ بوساطة



شكل (٥)

الحوامل ١٧ ، تغلق الاسطوانات ٤ من الاعلى بأغطية ٨ • ويوجد في كل غطاء صمامان للامتصاص ٩ وصمامان للطرد ١٢ مع وحدة حقن ٧ •

يحتوي الديزل على محورين للتوزيع ٥ ، ١٥ يقومان بتدوير الصمامات مع مضخات الوقود ٦ اليمنى والشمالية •

في الاعلى يوجد مجمع الغازات (العادم) ١١ ، ويقع مجمع هواء الامتصاص ١٠ بين صفي الاسطوانات •

يتصل المكبس ١٣ بعمود المرفق بوساطة الساعد الرئيس ١٤ ، والساعد المساعد ٣ •

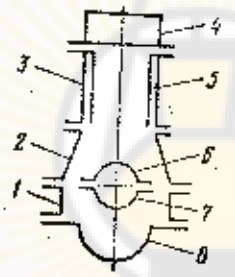
٢ ــ جسم الديزل (الاجزاء الرئيسة الثابتة) :

ترتبط الاجزاء الرئيسة الثابتة للديزل مع بعضها بقوة كافية ، حيث تشكل

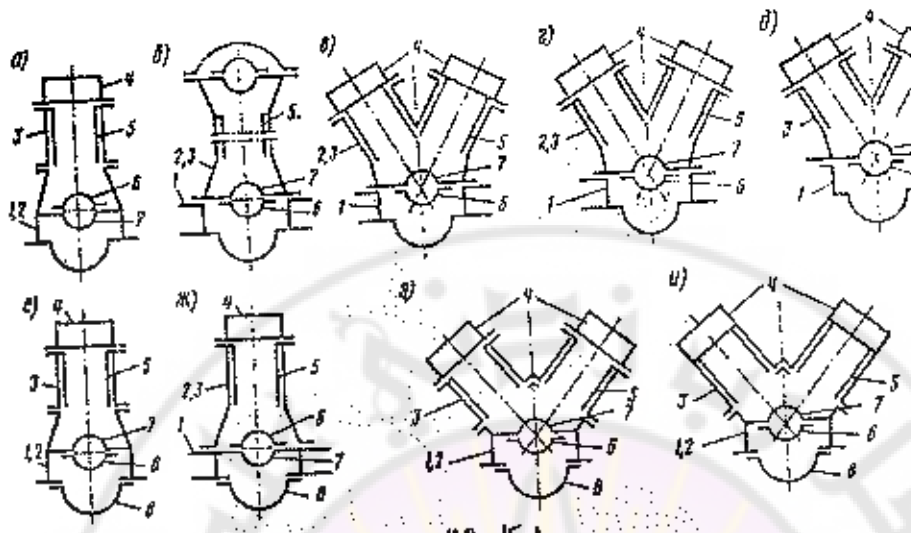
جسما واحدا يتحمل قوى ضغط الغازات ، مع قوى العطالة الناتجة في الاجزاء المتحركـة •

يجب أن تكون بنية الديزل سهلة الفك والتركيب والتجميع ، ويجب عـلى الديزل تسهيل مراقبة مجموعة الساعد ـ المرفق والمضاجع وغيرها مـن الخارج • إن قساوة جسم الديزل هي العامل الاساسي في وثوقية الديزل وعمره الاستثماري • يتألف جسم الديزل شكل (٦) من القاعدة ١ ، الجوانب ٢ ، كتلة الاسطوانات ٣ ، غطاء الاسطوانة ٤ ، الاسطوانة ٥ ، قشور المضجع الثابت ٦ ، ٧ والحوض ٨ •

على الشكل (٧) تظهر نماذج مختلفة لانواع مختلفة من محركات الديزل • تصنع عناصر جسم الديزل عادة مـن الحديـد الصب بطريقة السكب أو مـن الالومنيوم أو من الفولاذ بطريقة اللحام •



شكل (٦)

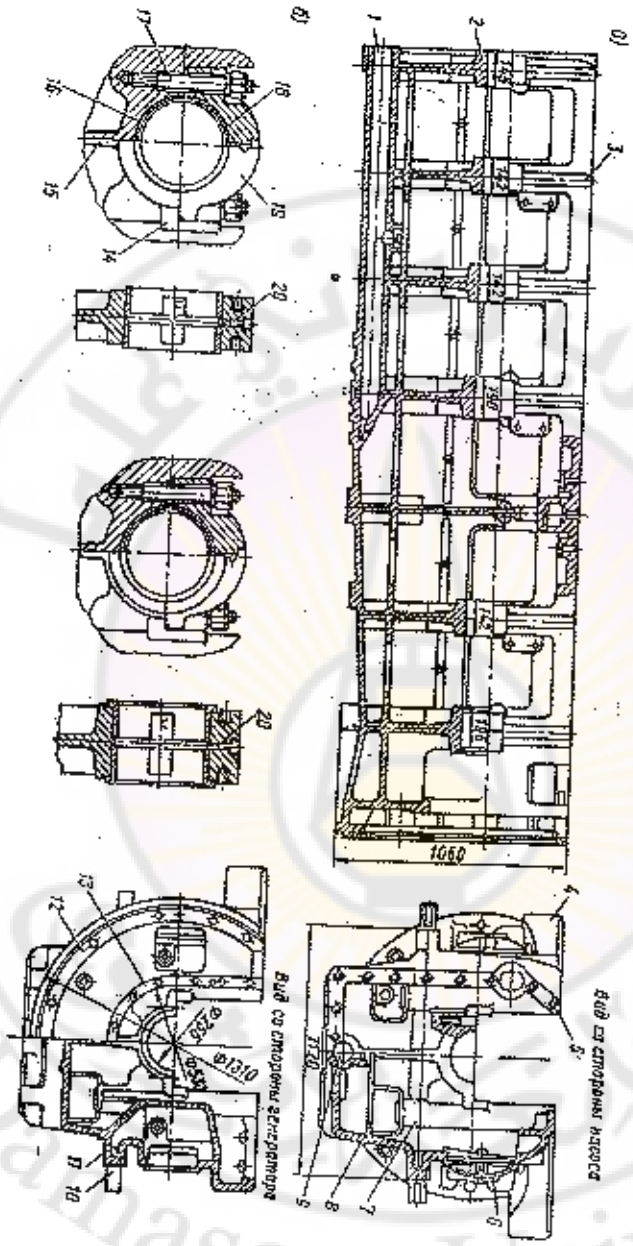


شكل (٧)

على الشكل (٨) تظهر قاعدة ديزل مسكوبة من حديد الصب ، ويوجد في جدرانها الجانبية ست نوافذ في كل جانب لمراقبة المضاجع ومجموعة الساعد والمرفق • يركب المولد الكهربائي على الطرف ١٢ ، تؤلف القطاعات العرضانية السبعة ٣ مقرات المضاجع الثابتة ٢ لعمود المرفق •

على الشكل ٩ يظهر جسم ديزل من نوع آخر مصنوع من عناصر فولاذية بطريقة اللحام ، وينقسم الى ١٢ قطاعا بوساطة صفائح عمودية ١٥ سماكتها ١٦ مم • حيث تركب فيها الاسطوانات العشر • يوجد في القطاع الاول آلية التحكم ، وفي القطاع الاخير توجد جملة النقل الميكانيكية بين العمودين السفلي والعلوي (للمحرك عمودان مرفقيان ومكبسان متقابلان في اسطوانة واحدة) • ومقرات مضاجعها الثابتة ٩ ، ١١ • مجمع قنوات الامتصاص ٨ ، ونوافذ المراقبة ١٠ •

على الشكل (١٠) يظهر جسم محرك سديث مصنوع من عناصر فولاذية ، بطريقة اللحام •


1060
Вид со стороны насоса
Вид со стороны электродвигателя

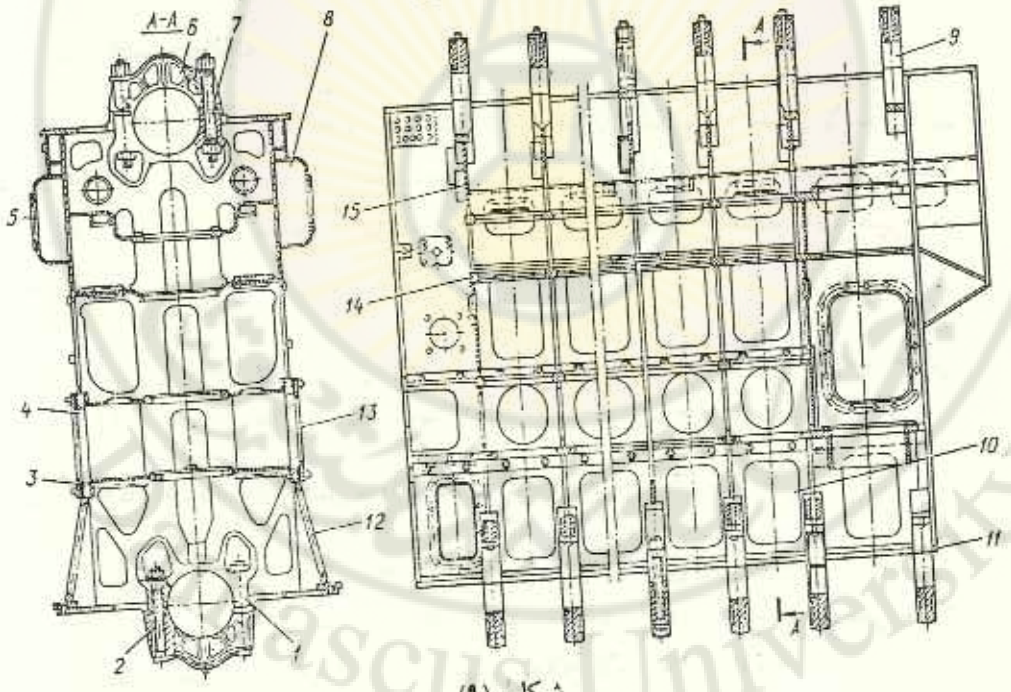
شكل (٨)

٢-١- المضاجع الثابتة :

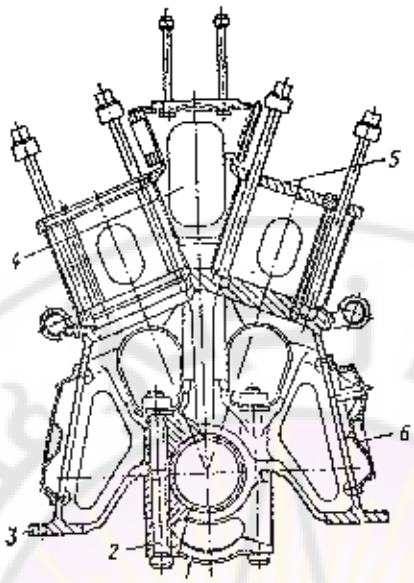
يركب فيها عمود المرفق وتتألف من هيكل وزوج من القشور (البطانة) . يتألف الهيكل من نصفين ، يؤلف أحدهما مع كتلة الاسطوانات جزءا لا يتجزأ ، أو مع حوض المحرك أو قاعدته ويسمى النصف الثاني (الحر) الغطاء ويركب من الاسفل بوساطة صامولتين وبراغي خاصة .

يقوم أحد المضاجع الثابتة بمنع الانزياح الجانبي لعمود المرفق ، بحيث يكون له حافة صغيرة خلافا للمضاجع الثابتة الاخرى .

إن وثوقية عمل قشور المضاجع ، تحدد بدرجة كبيرة وثوقية الديزل بشكل عام ، وتكون القشور عادة ذات جدران سميكة (أكبر من ٧ مم) أو ذات جدران رقيقة (٢٫٥ — ٧) مم . تصنع الاولى من حديد الصب ، الفولاذ ، البرونز ، وتصنع الاخرى من الفولاذ وتعد أكثر استخداما في المحركات الحديثة . ويضاف للقشور عادة اطار مصنوع من الالومنيوم والقصدير .



شكل (٩)



شكل (١٠)

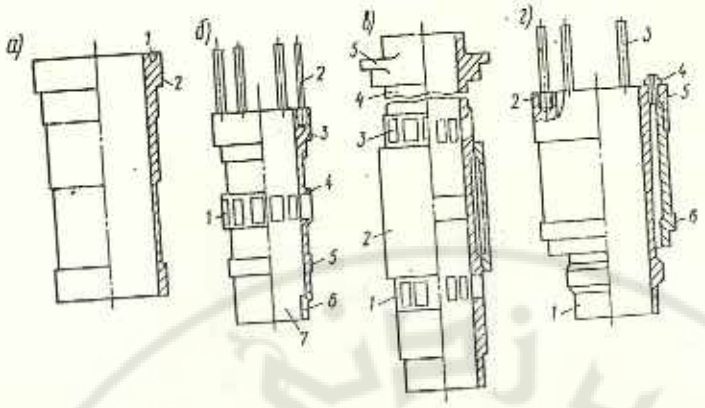
٢ـ٢ـ الأسطوانات :

تتم فيها العمليات الحرارية ، وهي التي توجه حركة المكابس ، تعمل الاسطوانات في ظروف حرارية عالية وضغط عالٍ أيضا • لذلك يجب أن تكون الاسطوانات متينة وقاسية ، وأن تقاوم سطوحها الداخلية عملية التآكل • تخضع الاسطوانات للتبريد الدائم بالماء •

تصنع الاسطوانات إما من حديد الصب او من الفولاذ بطريقة السكب على الشكل (١١) تظهر أربعة نماذج مختلفة لأسطوانات الديزل •

٣ـ الجملة الترددية (المكبس ـ الساعد ـ المرفق) :

تقوم هذه الجملة بتحويل حركة المكبس الترددية الى حركة دورانية لعمود المرفق • تتألف الجملة من عمود المرفق ، الساعد (الذراع) والمكبس • يتلقى عمود المرفق ضغط الغازات المتغير باستمرار وقوى عطالة الاجزاء الدوارة •

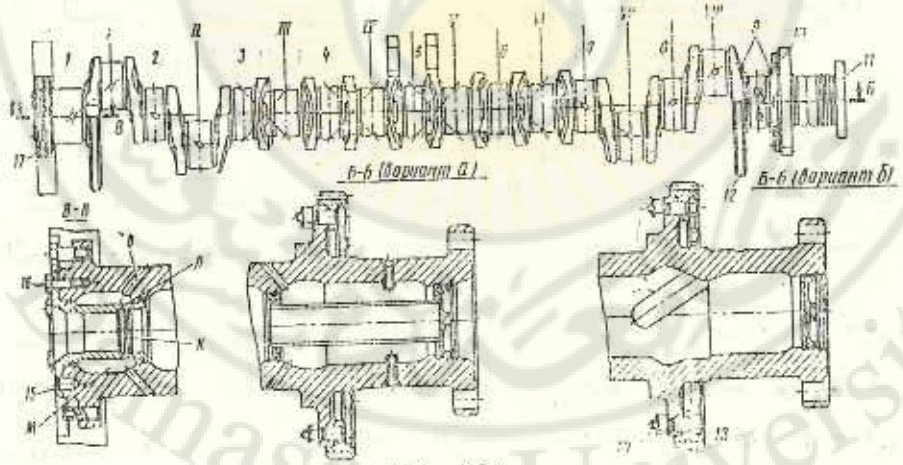


شكل (١١)

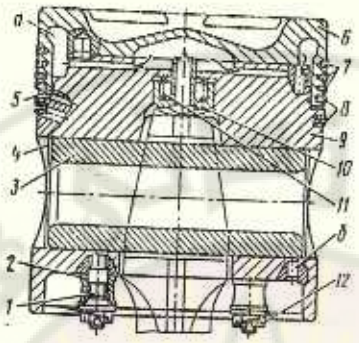
يصنع عمود المرفق بطريقة الطرق ، التي تتبعها معالجة ميكانيكية ، أو بطريقة الطبع الحرارية ، وبطريقة سكب الفولاذ أو حديد الصب المتين .

يظهر على الشكل (١٢) عمود مرفق لأحد المحركات الحديثة .

٣ـ١ المكبس : يتعرض المكبس في محركات الاحتراق الداخلي لتأثير حمولات ميكانيكية وحرارية عالية . تصنع المكابس عادة من معادن خفيفة نسبيا لكنها مقاومة للتآكل ومتينة .



شكل (١٢)



شكل (١٣)

على الشكل (١٣) يظهر مقطع لمكبس يستخدم على محرك ديزل مركب على احدى القاطرات الحديثة • يتألف المكبس من رأس ٦ مصنوع من الفولاذ وجسم ٩ من الالومنيوم ، يثبت الرأس والجسم بوساطة الصامولات الاربعة ١ والعزاقات ١٢ • يبرد رأس المكبس بالزيت ، الذي يأتيه من الرأس العلوي للساعد ، من الكأس ١٠ ، المضغوط بالنابض ١١ على الساعد • ويعود الزيت الى الحوض بالقناة b .

يثبت المحور العائم ٣ للمكبس بوساطة الحلقة ٤ • تصنع الحلقات ٧ من حديد الصب المتين ، وتغطى سطوحها العاملة بطبقة من الكروم وتثبت حلقات الزيت ٨ في أعلى المحور ، وتقوم الحلقة المطاطية ٥ بمنع ظهور الزيت بين رأس المكبس وجسمه •

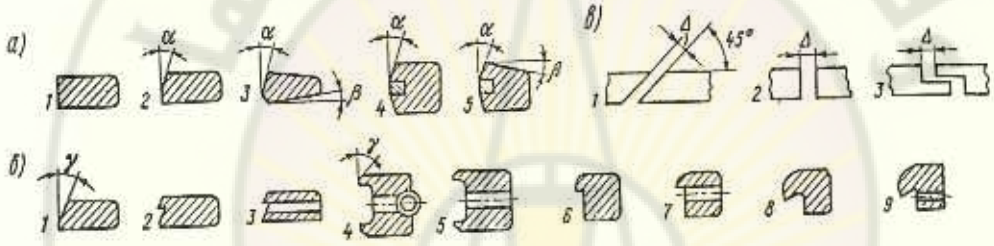
حلقات المكبس : تقوم حلقات الضغط في المكابس بزيادة الإحكام بينها وبين جدران الاسطوانات • وتقوم حلقات الزيت بمنع وصول الزيت الى حجرات الاحتراق • وتضغط الحلقات على جدران الاسطوانات تحت تأثير قوى الغازات من جهة وقوة المرونة من جهة أخرى • وتعمل الحلقة العليا في ظروف أشد صعوبة من

باقي الحلقات ، وتتعرض للتآكل بسرعة نظرا لزيادة درجة الحرارة ، ولقلة الزيت في هذه المنطقة ويمكن أن تتعرض هذه الحلقة للاحتراق أيضا .

يركب على المكبس عادة من ٣ــ٥ حلقات ضغط و ٢ــ٣ حلقات زيت . تصنع الحلقات من حديد الصب الخاص ، وتظهر على الشكل (١٤) مقاطع مختلفة للحلقات المستخدمة في محركات القاطرات .

ــ أصابع المكبس : يستخدم في ديزل القاطرات نوعان من الاصابع ، أصابع عائمة ، أصابع مثبتة بإحكام ، ويتميز النوع الاول بانخفاض ظاهرة الاحتكاك .

يتم تزييت أصبع المكبس في مقراته من الداخل ، ويصلها الزيت بمجارٍ خاصة .



شـــكل (١٤)

٢٢ــ٢ــ السـواعد :

تقوم السواعد بنقل القوى والحمولات من المكابس الى عمود المرفق . وتتعرض السواعد في أثناء عملها الى حمولات متغيرة ناتجة عن قوى ضغط الغازات وقـوى العطـالة .

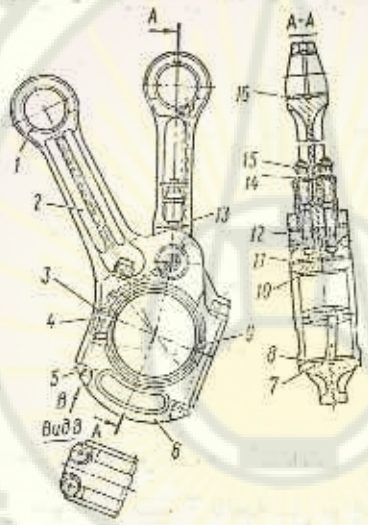
تتميز السواعد بقساوة مرتفعة ، وتصنع بطريقة الطبع من الفولاذ الخاص . للساعد رأسان علوي وسفلي ، يرتبط الرأس العلوي بأصبع المكبس والرأس السفلي بعمود المرفق . ويحتوي جسم الساعد على قنـاة داخليـة لمرور الزيت الى الرأس العلوي حيث تركب فيه حلقة برونزية ، تحتوي علـى سطوحها الداخلية والخارجية مجاري خاصة للزيت ، تتصل مع بعضها بثقوب أربعة .

يتألف الرأس السفلي من نصفين أحدهما متحرك يسمى الغطاء ، ويركب على عمود المرفق بوساطة براغي الساعد .

تتألف قشور الساعد من نصفين متشابهين مغطاة من الداخل بطبقة رقيقة من البابيت .

على الشكل (١٥) تظهر سواعد أحد المحركات الحديثة ، يتصل الساعد الرئيس ٢ بالساعد الثانوي ١٣ بوساطة الاصبع ١٢ الموجود في الحلقة ١١ المضغوطة في جسم الساعد الرئيس .

يثبت الساعد الثانوي الى الاصبع ١٢ بالبرغيين ١٤ ، المثبتين بالحلقات ١٥



شكل (١٥)

وتركب في الرؤوس العليا جلبتان فولاذية ١٦،١ ، مغطاة بطبقة من القصدير ، وتحتوي الجلبتان على مجاري وثقوب للزيت .

يثبت غطاء الرأس السفلي ٦ للساعد الرئيس بوساطة أربعة براغي ٥ ويدخل الزيت من الجلبتين ١٦،١ الى الثقوب الموجودة في الرؤوس العليا للسواعد لكي يقوم بتبريدها .

ـ براغي السواعد :

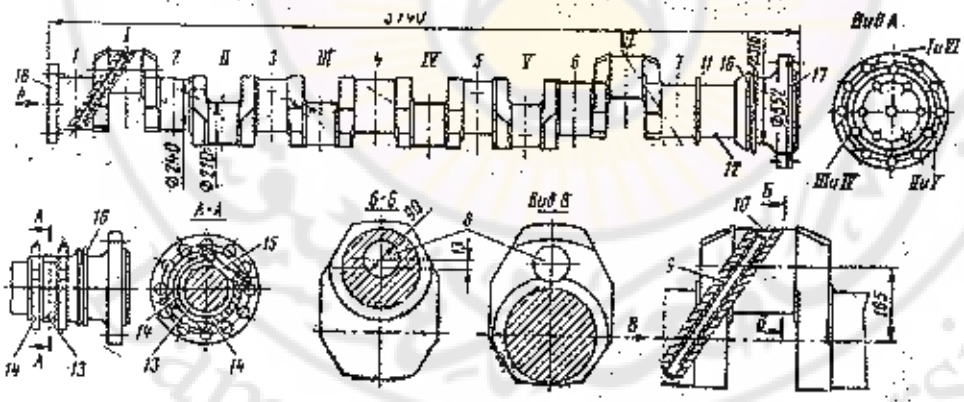
تصنع براغي الساعد من الفولاذ الجيد ، وتخضع للمعالجة الحرارية ، توضع البراغي وعزقاتها بشكل زوجي ، حيث يوجد لكل برغي عزقته الخاصة ويوضع عليهما رمز موحد .

٣ـ٣ـ عمود المرفق :

تؤثر في عمود المرفق قوى عديدة وهي : قوى ضغط الغازات ، قوى العطالة وعزوم الدوران .

يصنع عمود المرفق بطرائق مختلفة منها : طريقة الطرق الحرة ، التي تتبعها معالجة ميكانيكية ، طريقة الطبع الساخنة ، وطريقة السكب وذلك باستخدام الفولاذ او حديد الصب المتين .

يظهر على الشكل (١٦) عمود مرفقي فولاذي مؤلف من ستة مرافق متوضعة في ثلاثة مستويات (بينهما زوايا ١٢٠ درجة) . تحتوي المرافق من T الى VI على قناة ٨ . ويمر الزيت من الرقبات الرئيسة من ١ الى ٧ (عدا الرابعة) الى رقبات



شكل (١٦)

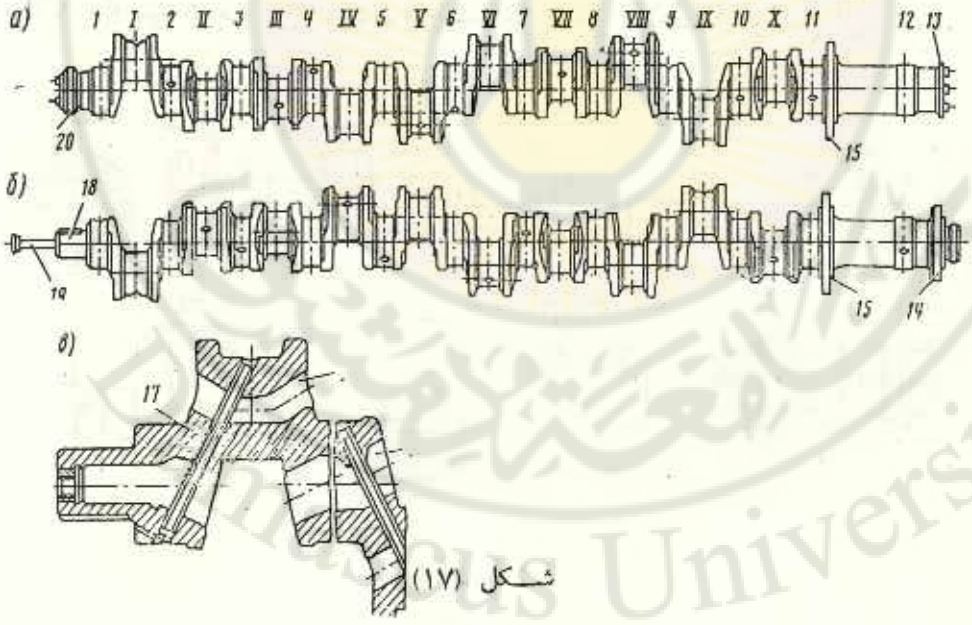
السواعد بالقناة ٩ • ويركب الترس القائد ١٣ على العمود ١٢ خلف الحافة ١١ بوساطة القوابض ١٤ والبرغي ١٥ •

تمنع الحافة ١٦ الزيت من مغادرة حوض الديزل باتجاه المولد الرئيس • وينتهي العمود بالمربط ١٧ ، الذي يحتوي على فتحات وبراغي مستخدمة لتثبيت قلب المولد•

ويظهر على الشكل (١٧) عمود مرفقي لديزل آخر مسكوب من حديد الصب ، يحتوي هذا الديزل على عمودين مرفقيين في الاعلى والاسفل ، يتألف كل عمود من عشر رقبات للسواعد ، واثنتي عشرة رقبة رئيسة مجوفة من الداخل •

يتم تزيت الرقبات الرئيسة بالزيت الوارد اليها من المضاجع الرئيسة (الثابتة) • ويصل الزيت الى رقبات السواعد بالقنوات ١٧ (يجري الزيت من القنوات الرئيسة بقناتين مائلتين) •

يحتوي الطرف الامامي للعمود السفلي على موقع تثبيت الدولاب المعدّل • ويركب على الطرف المقابل قارنة صفائحية ، تستخدم لوصل عمود الديزل مع عمود المولد الرئيس •



شكل (١٧)

ويركب على المربط ١٥ ترس مخروطي ، يتعشق مع ترس الوصلة الشاقولية ، التي تربط بين العمودين المرفقيين .

يركب على العمود المرفقي في طرفه الامامي ترس ٢٠ ، يقوم بتحريك عمود الكامات (الحدبات) . ويحتوي المربط المقابل ١٣ على جلبة تنقل عزم الدوران الى شاحن الهواء (المرحلة الثانية) . وتركب على الطرف الخلفي للعمود العلوي وصلة مرنة متصلة بنظام شحن الهواء .

تنتقل الاستطاعة من العمود الاعلى الى العمود الاسفل بوساطة الوصلة الشاقولية شكل (١٨) ، التي تتألف من عمودين ٧،٦ ، تربطهما قارنة مرنة ٥ ، تقوم بحماية التروس ٢،١ من الضربات الناتجة في أثناء عملية الاقلاع ، وعند تغيير دوران الديزل أيضا .

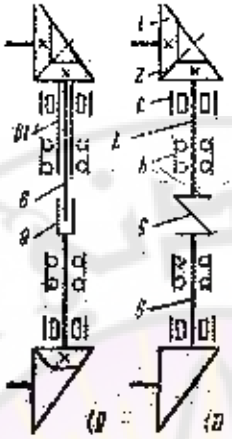
وبوجود هذه القارنة ، يمكن تجاوز عملية التمحور الدقيق للعمودين عند التركيب ، كما يمكن تلافي التمدد الحراري لأجزاء الوصلة الشاقولية ، ويدور العمودان في المدارج ٣،٤ .

يظهر على الشكل (١٩) عمود مرفقي لديزل ثالث مسكوب من حديد الصب المتين ، ومعالج باستخدام الآزوت ١٩

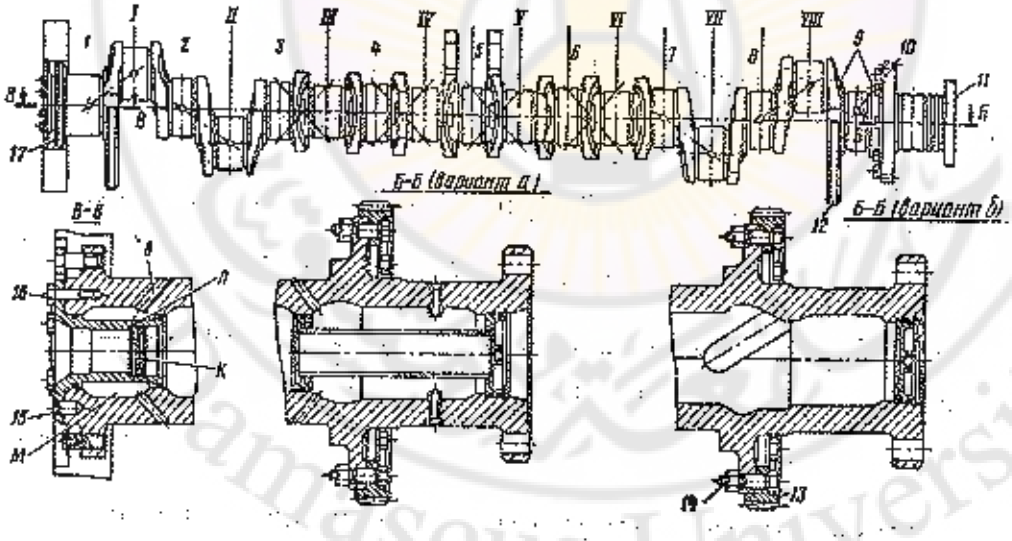
تحتوي الرقبات الاولى والثامنة والعاشرة والسادسة عشرة على كتل موازنة ١٢ ، مهمتها تخفيف الحمولات المؤثرة في المضاجع الرئيسة من قبل قوى العطالة .

وتسكب هذه الكتل مع الرقبات كجسم واحد . ويركب على المربط ١٧ الدولاب المعدل ، وعلى المربط ١١ ، قرص قائد تابع للقارنة يوصل الديزل مع المولد الرئيس .

وتنقل الجلبة ١٥ العزم الى تروس وصلات المضخات ، وينقل الترس ١٣ المركب بين الرقبتين التاسعة والعاشرة العزم الى تروس عمود الحدبات .



شـــكل (١٨)



شـــكل (١٩)

ـ الدولاب المعدّل :

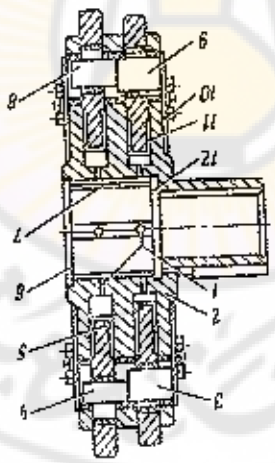
يحتوي الدولاب المعدّل شكل (٢٠) على ثماني كتل ٥ ، مركبة في أخاديد حلقية على الدولاب ٢ ، ومحتفظة بخلوص معين فيها .

ويعلق كل زوج من هذه الكتل المتوضعة قطريا ، على أصبعين ٤ مع خلوص أيضا ، حيث يمكنها الاهتزاز على هذه الاصابع .

وتتساوى الثقوب التي تحتوي الاصابع في الدولاب ٢ وفي الكتل الواقعة على قطر واحد .

وتتساوى أصابع كل زوج من الكتل ٩،٣ فيما بينها وتختلف بالقطر فقط عن الاصابع ٨،٤ التابعة للزوج الآخر من الكتل .

ولكل زوج من الكتل خلوص مختلف في ثقوب الاصابع .



شكل (٢٠)

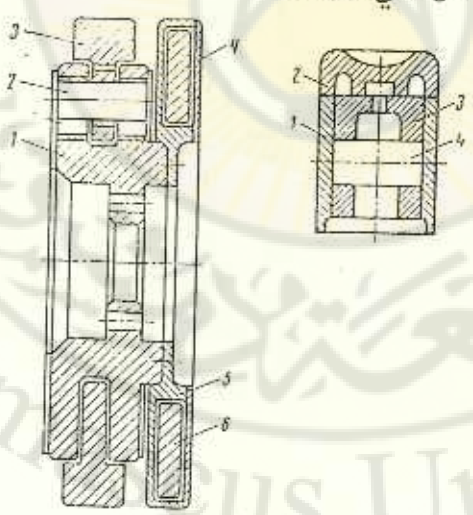
عند انعدام الاهتزازات ، تنزاح الكتل على امتداد القطر وتتباعد وتأخذ الوضعية النهائية عن محور دوران الديزل • وعند ظهور تواتر الدوران الحدي تبدأ الكتل بالاهتزاز نتيجة اهتزاز عمود المرفق • وعندما ينطبق اتجاه الاهتزاز المرن للعمود مع دورانه تتأخر الكتل تحت تأثير قوى العطالة وعندما يصبح اتجاه الاهتزاز معاكسا للدوران تبدأ الكتل بالتسبيق ، وهكذا يغير اهتزاز الكتل تواتر الاهتزازات الحرة للعمود ، ويمنع تطابقه مع تواتر عزم الدوران (يمنع حدوث ظاهرة الطنين) •

ويظهر على الشكل (٢١) دولاب معدّل مركب ، مؤلف من دولاب يعمل على مبدأ النواس ، ومخمّد يعمل على الاحتكاك اللزج يركب على طرف عمود المرفق •

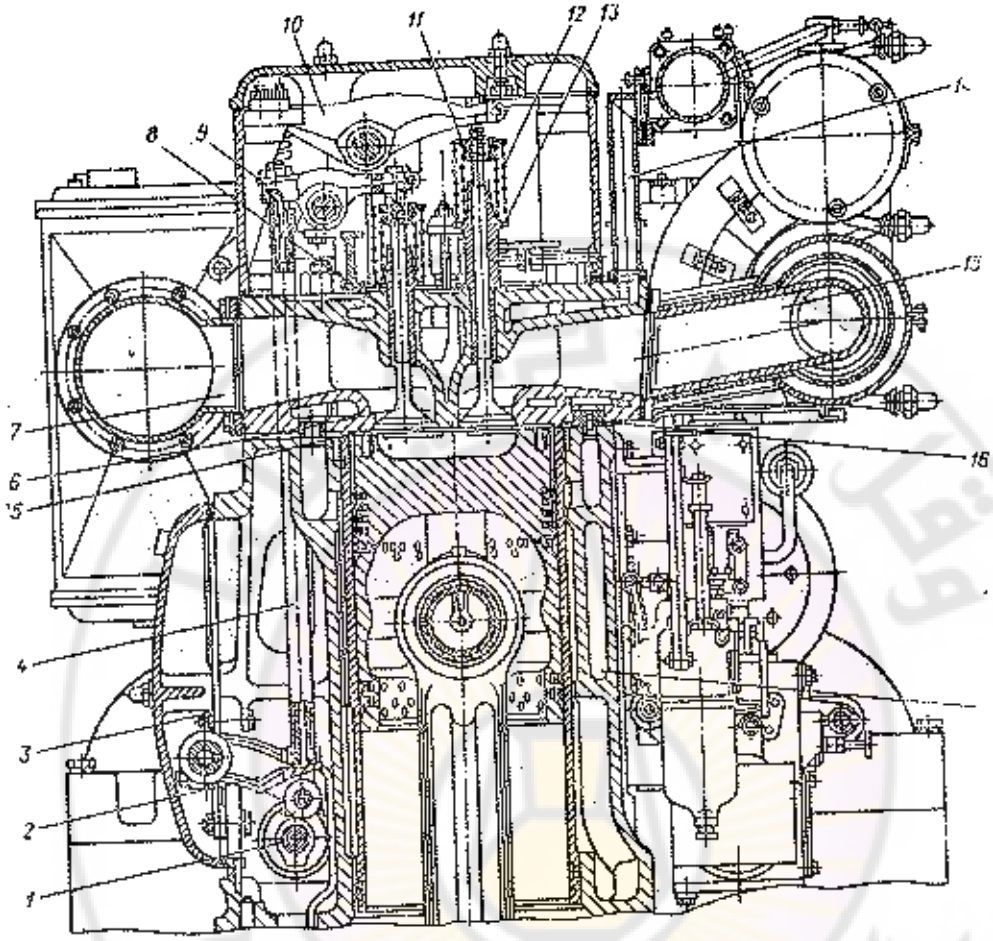
ويعلق ستة نواسات ٣ على الدولاب ١ بوساطة الاصابع ٢ ، وتحتوي ثقوب الدولاب على جلب مضغوطة •

يأتي الزيت من حوض عمود المرفق الى الفراغ الحلقي ومنه الى الاصابع والجلب تحت تأثير القوة الطاردة المركزية •

يتألف المخمّد من دولاب ٦ ، وهيكل ٥ وغطاء ٤ ويملأ الفراغ الكائن بين الدولاب والهيكل سائل عالي اللزوجة •



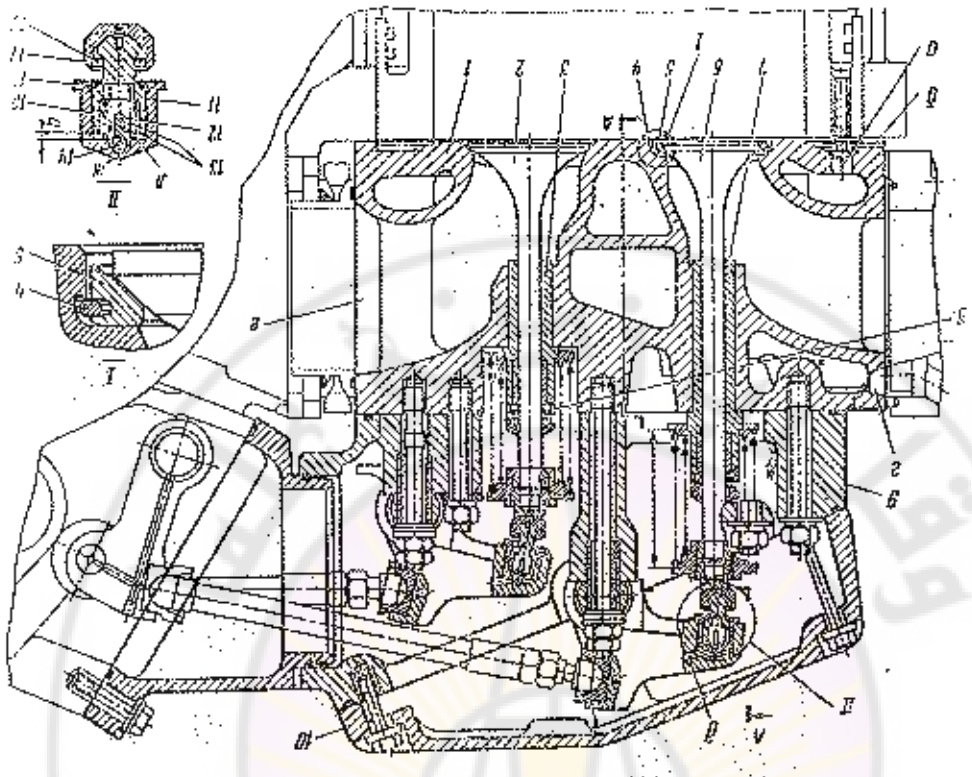
شكل (٢١)



شـــكل (٢٢)

٤ ـ آلية التوزيع الغازي وغطاء الاسطوانات :

تتحكم آلية التوزيع الغازي بعمليات الامتصاص والطرد من والى اسطوانات الديزل ، وتختلف بنية آلية التوزيع من محرك الى آخر . يستخدم في المحركات ثنائية الاشواط نظام التهوية الخطي ذي النوافذ . ويستخدم النظام المختلط (صمامات ـ نوافذ) . وتستخدم المحركات رباعية الاشواط النظم المزودة بالصمامات فقط .



شـــكل (٢٣)

تجري عملية توزيع الغازات في المحركات ، التي تحتوي على مكبسين متقابلين في كل اسطوانة ، عند ابتعاد المكابس عن بعضها ، حيث تقوم عندئذ بفتح واغـلاق نوافذ الامتصاص والطرد ، الموجودة في جدران الاسطوانة • ويعد هذا النظام أفضل نظم التهوية ، لكن هناك صعوبة كبيرة ترافق عمل المكبس السفلي ، الذي يتحكم بفتح نوافذ الطرد •

وفي بعض المحركات ثنائيـة الاشواط ، تتـوزع الشـحنة بوساطة المكبس (امتصاص) والصمامات (طرد) الموجودة في غطاء الاسطوانات •

وفي الديزل رباعي الاشواط ، يتواجد صمامات امتصاص ، وصمامات أخرى للطرد (شكل ٢٢ ــ a) • وتتوضع جميع الصمامات ٦ في غطـاء الاسطوانات ،

الذي يحتوي في أسفله على أربع فتحات ، تشكل مقرات الصمامات المختلفة • تتصل صمامات الامتصاص بجمع الهـواء ٧ ، وتتصـل صمامات الطـرد بمجمع الغازات المطرودة ١٥ •

تركب دلائل الصمامات ١٣،٨ في غطاء الاسطوانات ، الذي يحتوي على مجرى خاص بماء التبريد ، يتصل بالفراغ المحيط بالاسطوانات ١٧ المملوء بماء التبريـد بوساطة الفتحات ١٦ وعددها ٨ • ويتصل من الاعلى بالخرطوم ١٤ الذي يجري فيه الماء الى المشع •

يثبت غطـاء الاسطوانات بوساطة صامولات ، وتقوم حدبات محور الكامات بفتح الصمامات • حيث يرفع المحور الدافع ٢ والسيخ ٤ والعتلة ٩ للامتصاص و ١٠ للطرد • وتعود الصمامات الى وضعها السابق بتأثير نوابضها •

يساوي عدد الصمامات ٤ عادة اثنين للامتصاص واثنين للطرد ، تميـل حواف صحون الصمامات بزاوية ٤٥° عادة ، وتخضع الحواف للترويض ، لتأخـذ مكانـا محكما في مقراتها • وتنضغط الصمامات على مقراتها بنابضين فولاذيين لكل صمام ١٢ • ويكون النابض الخارجي ملفوفا باتجاه اليسار والنابض الداخلي باتجاه اليمين وذلك لمنع الصمام من دوران محتمل ، ويثبت النابض من الاسفل على حافة الدليل ومن الاعلى على الصحن ١،١ •

يتلقى محور الكامات (الحدبات) حركته من عمود المرفق بوساطة زوج مـن المسننات • وعلى الشكل (٣٢) يظهر مقطع في غطاء اسطوانة لأحد المحركات الحديثة•

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الفصل الثالث

نظـم الديزل والتجهيزات المساعدة فيـه

١ـ نظـام الإمـداد بالوقود :

يتألف نظام الامداد بالوقود في الديزل من خزان الوقود ، مضخات القود ، المصافي ، أنابيب التوصيل ، وحدات الحقن وغيرها .

مهمة نظام الوقود هي احتواء كمية مناسبة من الوقود ، كافية لعمل الديزل ١٠ ساعات على الاقل ، وايصال الوقود الى حجـرة الاحتراق ، بكميـة واحدة وثابتة بضغط معين وبشكل مستمر في مختلف الظروف التي يعمل خلالها الديزل .

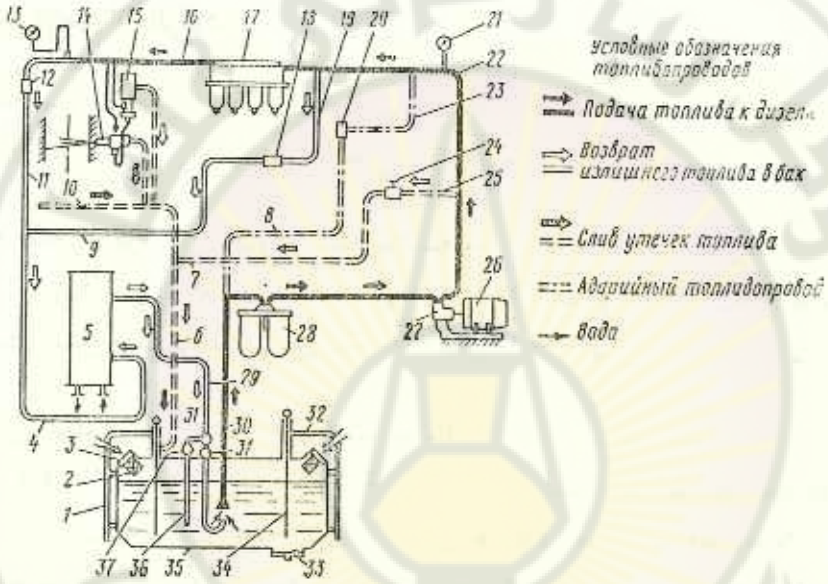
يتعرض الوقود خلال عملية نقله وتسويقه ، ابتداء من محطات التكرير لامكان نفاذ الغبار والشوائب الاخرى المختلفة اليه ، لا سيما الشوائب المعدنية الدقيقة والخطرة . حيث أن بعضا من هذه الشوائب يتميز بقساوة تتجاوز قساوة الفولاذ ، فاذا ما وجدت هذه الشوائب سبيلا الى نظام الوقود وبخاصـة الى مجموعـة المضاغط والاسطوانة في مضخة الضغط العالي فانها تؤدي الى تآكل خطير فيها ولذا يجب أن يخضع الوقود الى عملية التنقية الدائمة ، وهذا ما تقوم به عناصر التصفية الموجودة في مجرى تيار الوقود .

١ـ١ـ مخطط نظام الوقـود :

ان توضع عناصر نظام الوقود ، ومخططاته تكاد تكون واحدة تقريبا في ديزل القاطرات .

على الشكل (٢٣) يظهر مخطط نظام الوقـود في ديـزل احدى القاطرات الحديثة • حيث يجري تيار الوقود من الخزان ٣٥ بالانبـوب ٣٠ الى المصفـاة الاولية ٢٨ ، وذلك بفعل مضخة الوقود ٢٧ ، ثم يصل الى المجمع ١٦ في مضخة الضغط العالي ١٥ مارا بطريقه بالمصفاة الدقيقة ١٧ •

تمد المضخة ١٥ وحدات الحقن ١٤ ، بالوقود ، الذي يعود جزء منه (الفائض) الى الخزان الرئيسي بالانابيب • ١، ٦ •



شكل (٢٣)

تستمد المضخة ٢٧ حركتها من محرك كهربائي خاص ٢٦ ، ويعـود الوقود الفائض من المجمع ١٦ بالانبوب ١١ و ٤ الى الخزان مارا بجهاز التسخـين ٥ وبالانبوب ٢٩ •

وحتى تمتلىء مضخة الضغط العالي بشكل جيد ، يجب ألا يقل ضغط الوقود عن ١٥٠ K.Pa أو (١٫٥ كغ/سم٢) ويتحقق ذلك بوساطة الصمام ١٢ المثبت في الانبوب ١١ • ويقاس الضغط في المجمع ١٦ بالمقياس ١٣ • وبما أن عملية الامـداد

بالوقود ثابتة ومستمرة ، وحاجة الديزل للوقود تختلف باختلاف الحمولة فانه يمكن أن يزداد الضغط في المجمع لدرجة كبيرة ، ولهذا السبب يوجد الصمام ١٨ ، الذي يسمح للوقود الفائض بالمرور من الانبوب ٢٢ الى الانابيب ١٩ ، ٩ ، ٤ (يساوي الضغط العياري ٣٠٠ ــ ٣٥٠ K.Pa) أو ٣ ــ ٣٫٥ كغ/سم٢ .

يسمح الصمام ٢٤ بطرد الهواء المتسرب الى داخل نظام الوقود ، وتتم هذه العملية عادة بعد الوقوف الطويل للديزل عن العمل .

عند حدوث عطل مفاجيء في المضخة الاولية يمكن للوقود الجريان بالانابيب ٨ ، ٢٣ ، ومتجاوزا بذلك المصفاة ، مارا بالصمام ٢٠ والمضخة ، وذلك تحت تأثير التخاخل الحاصل ، عند تشغيل مضخة الضغط العالي ، ولكن لا يستطيع الديزل في هذه الحالة العمل الا لفترة وجيزة وباستطاعة منخفضة .

تحتوي بعض القاطرات الحديثة على مضختين ، تعمل احداهما بمحرك كهربائي ، وتستمد الثانية طاقتها من عمود المرفق . تعمل الاولى لحظة الاقلاع فقط وتعمل الاخرى بعد الاقلاع بشكل دائم .

١ــ٢ــ خــزان الوقــود :

يتألف من ألواح فولاذية ملتحمة بعضها مع بعض ، ويركب على قاعدة القاطرة بين السريرين من الاسفل . تتحدد أبعاد الخزان من أبعاد القاطرة نفسها الطولية ، والعرضية ، ويتراوح حجم الخزانات عادة من ٤٠٠٠ ــ ٨٠٠٠ ليتر من الوقود .

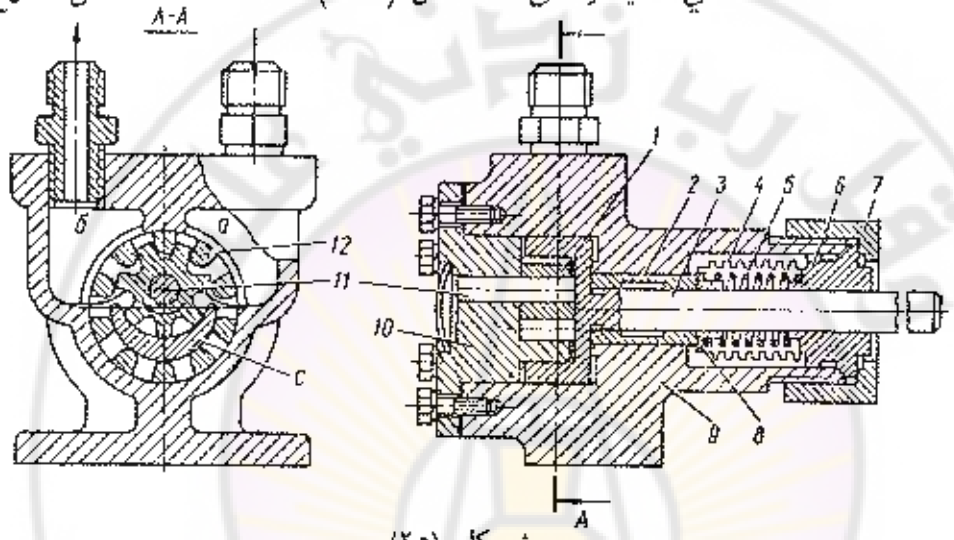
للخزان عنقان للملء ٨ ، من الجهة اليمنى والشمالية للقاطرة ، وتتجمع الشوائب العالقة في الفتحة ٣٣ المغلقة بسدادة خاصة .

يتصل الخزان بالضغط الجوي بواسطة قنوات التهوية ٣٢ ، ولزيادة قساوة الخزان ، يقسم الى قطاعات متعددا طولا وعرضا ، تتصل فيما بينها ، وتقوم الحواجز العرضانية فيه بامتصاص طاقة الضربات الهيدروليكية لكتلة الوقود ، وكذلك الضربات الحاصلة عند الاستخدام المفاجيء للمكابح .

يقاس مستوى الوقود في الخزان بوساطة مسطرة ٣٤ مخصصة لهذا الغرض أو بوساطة أنابيب زجاجية خارجية ١ •

١ـ٣ـ مضخة الوقـود :

تسحب المضخة الوقود من الخزان عبر المصافي والصمامات والانابيب الى مضخة الضغط العالي • يظهر على الشـكل (٢٥) مخطط لمضخة مـن النوع



شـكل (٢٥)

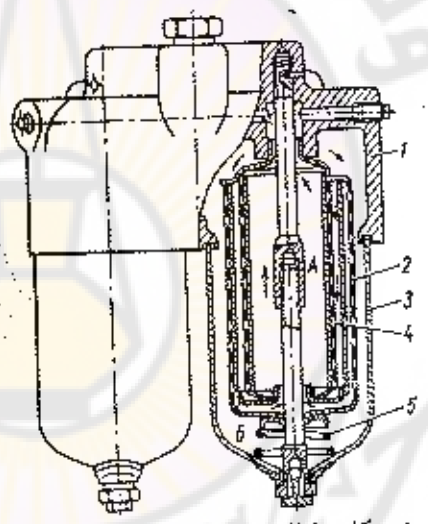
المستخدم على القاطرات بكثرة وتتألف من هيكل حديـدي وغطـاء ١٠ ،يركب المحور ١١ في العطاء ، الذي يحمل الترس القائد ١ ، والذي يدور عليه بحريـة ، يتعشق الترس مع المسنن الداخلي ١٢ الذي يشكل مع المحور القائد ٣ جسمـا واحدا ، ويتصل هذا الاخير بمحرك كهربائي •

يصل الوقود الى الفراغ a ويملأ الفجوات الواقعة بين الاسنان • وبدوران المسنن باتجاه دوران عقارب الساعة ، يجري الوقود باتجاهين : يمر الاول بـين أسنان المسنن الاصغر والسطح العلوي للنتوء المحدب c ، ويمر الثاني بـين السطح السفلي للنتوء والسطوح الاسطوانية في الهيكل ٩ • ويصل الوقود الى الفراغ b • ومنه الى أنبوب التغذية الرئيس •

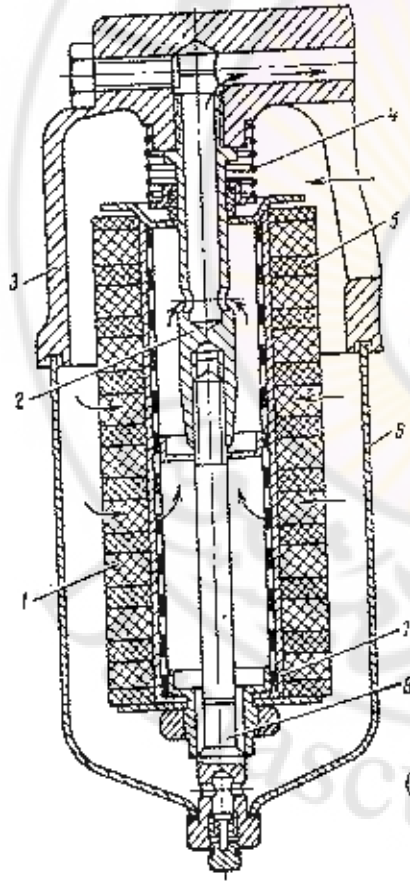
١٠ـ٤ـ مصـــافي الوقـــود :

يحتوي نظام الوقود عادة ما بين ٣ ــ ٤ أنواع من المصافي ، الاولية المصافي الخشنة ، المصافي الدقيقة .

تتوضع المصافي الاولية في عنق خزان الوقود ، وتقـوم باحتجاز الجزئيات الكبيرة ، وتحمي بذلك أنابيب الوقود من الاوساخ والشوائب . تحتجز المصافي الخشنة الجزيئات ذات الابعاد الكبيرة (ما فوق ١٠٠ ميكرون) . وتحتجز المصافي الدقيقة الجزيئات الدقيقة (حتى ٤ ــ ٥ ميكرون) . تتألف المصافي من كأس يحوي عنصـر تصفية ، ذامقاومة هيدروليكية منخفضة عـادة ، بسيطة التركيب ، أبعادها محدودة ، قليلة الثمن ، وتخدم طويلا . ويظهر على الشكل ٢٦ مقطع في مصفاة خشنة مؤلفة من اسطوانتين يجمعهما غطاء واحد .



شـــكل (٢٦)



شـــكل (٢٧)

وصنبور ثلاثي ، ويوجد في كل اسطوانة عنصر تصفية ، تعمل عناصر التصفية على التوازي أو على انفراد بحسب وضعية الصنبور الذي يسمح لعنصر التصفية بالعمل على انفراد عندما يتعطل العنصر الاخر فقط • وتتكون عناصر التصفية الخشنة من شبكة معدنية أو من صفائح معدنية اسطوانية يلف عليها خيوط معدنية ويترك خلوص صغير بين اللفات (٩ر٠ مم) يجري من خلاله الوقود •

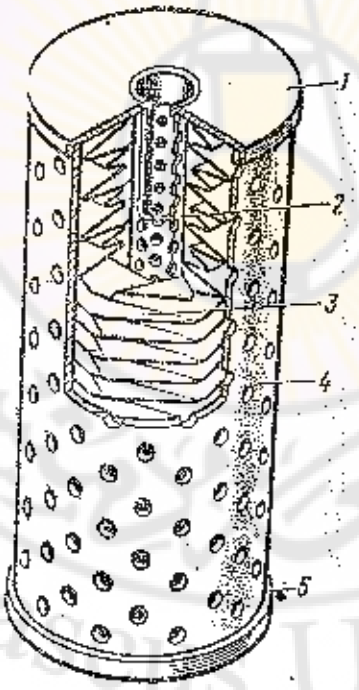
المصفاة الدقيقة :

يتألف عنصر التصفيةفيها من مجموعة الصفائح العاملة ١ والوسطية ٥ الملبسة على أنبوب اسطواني شبكي ٧ ، شكل (٢٧) •

تركب الصفائح على القلب ٢ المجهز بالنابض ٤ ، ويجمعهم الكأس ٣ • تغلق المصفاة بالكأس ٦ الذي يضغط بوساطة البرغي ٨ •

يدخل الوقود الى عنصر التصفية ، ويخترق الصفائح من الخارج الى الداخل ويخرج من الاعلى •

على الشكل ٢٨ يظهر مقطع في أحد المصافي الكرتونية الدقيقة .



شكل (٢٨)

٢ـ نظـام الـزيت :

يقوم نظام الزيت بامداد مضاجع عمود المرفق والاجزاء المتحركة (المحتكة) الاخرى في الديزل بتيار مستمر من الزيت المضغوط ، ويقوم بتزييت المكابـس والاسطوانات أيضا . كما يأخذ نظام الزيت على عاتقه مهمة تبريد المكابـس ، وجرف نواتج الاحتكاك من أماكنها ، ولكي ينجز نظام الزيت مهمته يجب أن يشكل دارة مغلقة . تنتشر في نظام الزيت كمية كبيرة نسبيا من الحرارة تساوي ٢٥٪ من الاستطاعة تقريبا ، في الوقت الذي يجب ألا تتعدى درجة حرارة الزيت ٨٥ درجة مئوية ، لهذا يجب أن يكون جريان الزيت مكثفا في دارته .

تحسب انتاجية مضخة الزيت استنادا الى معادلة التوازن الحراري وهي :

$$P_M = C_M \cdot \rho_M \cdot Q_M \cdot \Delta t_M ;$$

تساوي كمية الحرارة الواردة الى الزيت في وحدة الزمن ، كمية الحرارة التي يتخلص الزيت منها في مبرد الزيت .

ρ_M ـ كثافة الزيت Kg/M^3

Q_M ـ تدفق الزيت M^3/S

Δt_M ـ الفرق الحراري للزيت على مدخل ومخرج الديزل . ويساوي ٨ ـ ١٥ عند العمل الطبيعي المستقر للديزل .

C_M ـ السعة الحرارية للزيت وتساوي ٢٫٠٥ $K.J/Kg.K^\circ$

$\delta_M = ٩٠٠$ Kg/M^3

فاذا أخذنا Δt_M = ١٠ درجات P_M = ٦٠٥٥٠٠٠ W

يكون لدينا

$$Q = \frac{P_M}{C_M \cdot \rho_M \cdot \Delta t_M}$$

واذا كان في الديزل ١٥٠١٠ كغ زيت (١ر٦٧م^3) فان عدد دورات الزيت في نظامه تساوي $\frac{١١٨}{١ر٦٧}$ = ٧٢ مرة/الساعة .

أي أنه في كل دقيقة تتم دورة واحدة لجريان الزيت .

يعمل زيت الديزل في ظروف قاسية جدا ، حيث يلامس غازات الاحتراق (١٨٠٠ ــ ٢٠٠٠) درجة ، وتتجمع فيه نواتج الاحتراق والشوائب العالقة والاوساخ المتواجدة أعلى المكابس التي تهبط الى حوض الزيت وتختلط معه .

يتعرض الزيت دائما للاكسدة ، وتتشكل فيه جزيئات صلبة ، كما تصب فيه الجزيئات المعدنية الناتجة عن الاحتكاك ، كل هذا وذاك يؤثر بشكل كبير في مواصفات الزيت وخواصه . مما يفرض تبديل الزيت باستمرار في الوقت المناسب ، حتى لا تزداد ظاهرة الاحتكاك والتآكل بشكل أسرع استنادا الى ذلك يتألف نظام الزيت من مضخة ، عناصر تبريد ، مصاف مختلفة ، أنابيب وأجهزة حماية ومراقبة .

١ــ انواع نظم الزيت :

ترتبط عناصر نظام الزيت (المضخة ، المصافي ، المبادل الحراري) مع بعضها بمخططات مختلفة ، تبعا لتصاميم هذه العناصر . يحتوي نظام الزيت عادة على

المضخة والوحدة ٣ شكل (٢٩ ــ a) تسحب تيار الزيت الى هيكل الديزل ١ ، مرورا بالمبرد ٤ (مشع أو مبادل حراري) ، والمصفاة الخشنة ٢ ثم الى مجمع التوزيع ومنه الى أماكن الاحتكاك ، ويعود الى الحوض تحت تأثير ثقله ويكمل بذلك دورتـه .

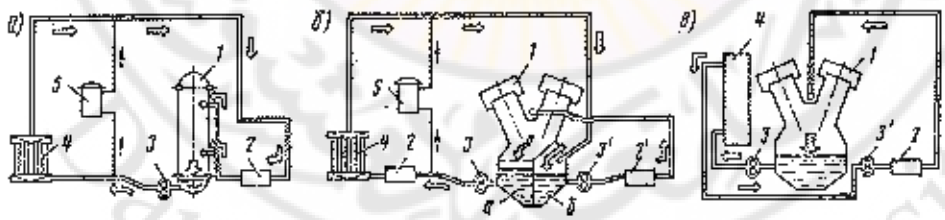
يمر تيار الزيت بالكامل خلال المصفاة الخشنة ٢ ، وتقوم المصفاة الدقيقة ٥ الموصولة على التوازي مع تيار الزيت الرئيس بتصفية جزء بسيط فقط مـن الزيت (٥٪) ولكنها تخلصه من الشوائب المعدنية مع استمرار العمل .

يجب على المضخة رفع ضغط الزيت الى المعـدل الضروري للتغلب عـلى كل المقاومات الهيدروليكية لمختلف عناصر التبريد ، وتستخدم أحيانا مضختان متصلتان على التسلسل للقيام بهذا الغرض .

يظهر على الشكل (٢٩ ــ b) مخطط آخر لنظام الزيت ، حيث ينقسم حوض الزيت الى قسمين .

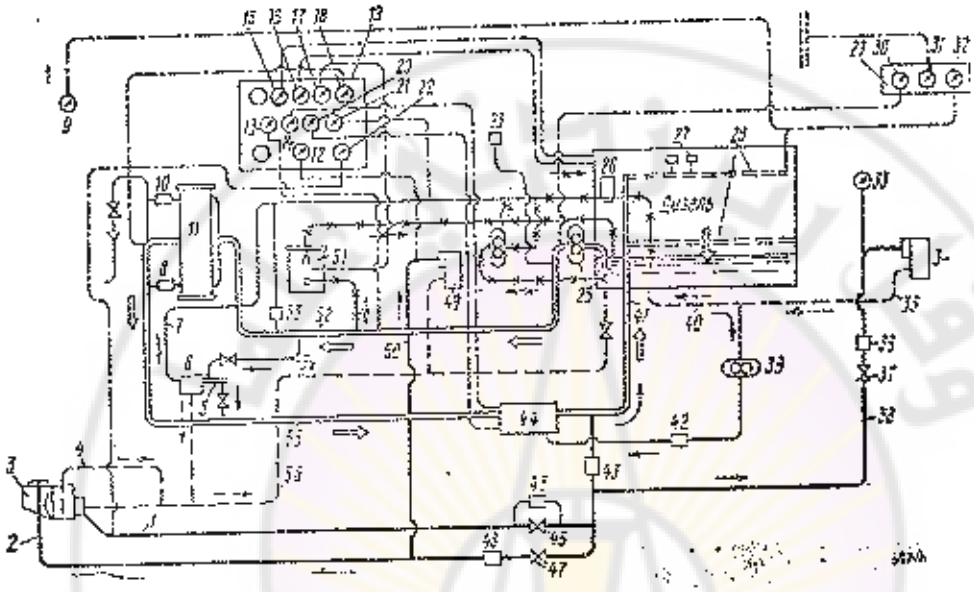
يخرج الزيت الساخن من القسم a بوساطة المضخة ٣ ، ويعـود الى القسم b في الديزل ١ من خلال المصفاة الخشنة ٢ والمبرد ٤ .

ويخرج الزيت البارد من القسم b بوساطة المضخة ٣' ، من خـلال المصفاة ٢' حيث يسخن داخل الديزل ، وبهذا تعمل كل مضخة وحدها في دارتها الخاصة .



شـكل (٢٩)

يظهر على الشكل ٢٩ ٧ مخطط ثالث لنظام الزيت لاحدى القاطرات الحديثة وفيه تعمل المضختان ٣ ، ٣' على التسلسل في دارة واحدة مؤلفة من حوض الديزل ١ ، مضخة ٣ ، مبرد ٤ ، مضخة ٣' ، مصفاة ٢ ومجمع توزيع داخل هيكل الديزل .



شـــكل (٣٠)

وعلى الشكل (٣٠) يظهر مخطط شـامل لنظام الزيت في احـدى القاطرات الحديثة الأخرى . وفيه تقوم المضخة الرئيسة ٢٥ بسحب الزيت من الحوض ١ الى الأنبوب ٥٢ ومنه الى المبرد (مبـادل حراري) ١١ ، ومنه يصل الزيت المبرد الـى المصفاة الخشنة ٤٤ بوساطة الانبوب ٥٥ ، ثم يصل الزيت الى المجمع الداخلي ٢٨ بالانبوب ٤١ .

يبلـغ ضغط الزيت بعد المضخة (عنـد الاستطاعة العظمى للديزل) ٥ر٠ م باسكال . أو أكبر بقليـل . وعندما ينخفض ضغط الزيت بمقـدار ١٥ر٠ ميغا .

باسكال تقوم الصمامات ٨ ، ١٠ بفتح الطريق أمام الزيت من الانبوب ٥٢ الى الانبوب ٥٥ دون المرور بالمبرد ١١ .

ترتبط دارة التصفية الدقيقة ودارة الزيت الأولية (دارة ما قبل اقلاع الديزل) وغيرها مع الدارة الرئيسة .

يوجد في هذا النظام دارتان منفصلتان عن بعضهما ، دارة التصفية الدقيقة حيث يصلها ٤ ٪ من الزيت بالانبوب ٥٢ ، ومن خلال اختناق (قطره ١٠ مم) . الى المصفاة ، ويعود بعدها الى الحوض بعد التصفية .

وللدارة الفرعية الثانية ، مضختها الخاصة ٣٤ ، وهي مركبة على جسم مخفض السرعة ٤٩ . تسحب المضخة الزيت من الحوض الى مصفاة القوة النابذة ٣٦ . ومنها يعود الزيت الى الحوض ثانية . وتبلغ انتاجية المضخة ١٢ م٣/سا وهي أكبر من قدرة تصريف المصفاة والتي تساوي ٥ م٣/سا وذلك بغية الحصول على ضغط ٨٥ر٠ — ٠٤ر١ م. باسكال . ويقوم الصمام ٥٣ بالمحافظة على هذا الضغط ، ويسمح للزيت الفائض بالمرور الى الانبوب ٥٢ في الدارة الرئيسة .

يحتوي هذا النظام على دارة أخرى للتزييت الأولي للديزل البارد قبل إقلاعه. وتتألف هذه الدارة من مضخة ٣٩ تعمل بمحرك كهربائي منفصل . وتسحب الزيت بالانبوب ٤٠ من الحوض ، من خلال الصمام ٤٢ والمصفاة الخشنة ٤٤ الى الديزل، وتعمل مدة ٩٠ ثانية لتأمين الزيت الضروري لأجزاء الديزل قبل اقلاعه ، وتكف بعدها عن العمل بوساطة الصمام ٤٢ .

تتلقى مخفضات السرعة في القاطرة الزيت من الدارة الرئيسة من خلال الصمام ٤٣ الكائن بعد المصفاة ٤٤ (يساوي ضغط الصمام ٠٨ر٠ ميغا. باسكال) . ومن الصمام٤٣ يصل الزيت الى المخفض الامامي٣٤ بالانبوب ٣٨ من خلال الصمام ٣٦، والى المخفض ٣ التابع لمروحة التبريد والى المخفض الخلفي ٤٩ من خلال الصمام ٤٨ ومنها الى الأنبوب ٢ أو ٥٠ ، ويعود الزيت الى الحوض بالانبوب ٥٦.

١ـ١ـ تجهيزات الحماية والقياس :

يزود نظام الزيت بحاكمتين ٢٧ تحمية من انخفاض الضغط فيه ، وتركب على المجمع العلوي ٢٨ ، تقوم الحاكمة ٢٣ بحماية النظام من ارتفاع درجات الحرارة وتقطع الحمولة عن المنوبة الرئيسة ، عندما تزداد حرارة الزيت على ٨٥ درجة يقاس ضغط الزيت في أنبوب الامداد ٥٢ بالمقياس ١٣ و ١٧ الموجودان قبل المصفاةالدقيقة وبعدها ، وتقاس درجة الحرارة بالمقياس ١٨ بعد التبريد ، كما توجد مقاييس أخرى ١٢ ، ٢٣ ، ٢١ ، ٢٢ ، ١٥ ، ١٦ • التي تعطي قيم الضغط في أماكن مختلفة من الدارة الرئيسة للزيت •

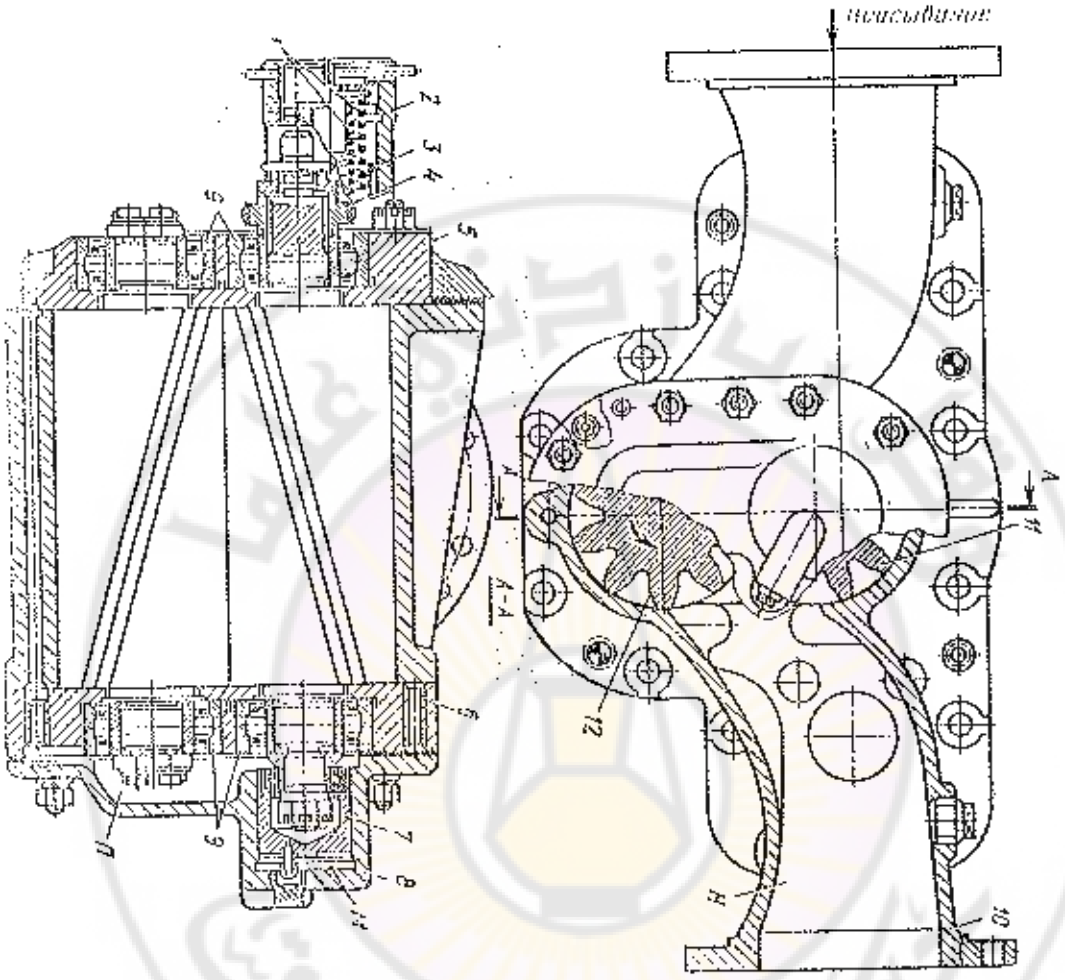
١ـ٢ـ مضخة الزيت :

تتألف المضخة من مجموعة تروس تصل الى أربعة تتعشق مع بعضها ، بشكل زوجي •

على الشكل ٣١ يظهر مقطع مضخة زيت نموذجية ، مؤلفة من ترسين ١١،١٢، مصنوعة مع محاورها كجسم واحد ، وتركب داخل جسم المضخة ١٠ المصنوع من حديد الصب • وتستند المحاور على المدارج ٩ المثبتة في الغطائين ٥ ، ٦ . يدور الترس القائد من عمود المرفق ، بوساطة مجموعة تروس • تؤثر في الترس القائد في المضخة ، قوى محورية معنية ، وقوى رد الفعل لضغط الزيت أيضا • وتزود المضخة بمكبس خاص ٧ مركب في الغطاء ٨ ، للتغلب على هذه القوى • يتصل الفراغ M بين الغطاء والمكبس بالفراغ H بقنال معينة • وبهذا تمنع قوة ضغط الزيت على المكبس ٧ الترس ١١ ، من الانزياح المحوري •
ويحمي الصمام المؤلف من هيكل ٢ ومكبس ٣ ونابض ١ ، ضغط الزيت من الهبوط الى ما دون ٥٥ر٠ م٠ باسكال •

١ـ٣ـ مصافي الزيت :

تستخدم المصافي الصفائحية ذات الشقوق أو المصافي الشبكية للتصفية الخشنة عادة •

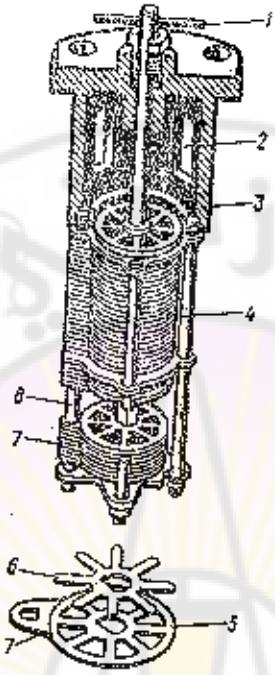


شـــكل (٣١)

وتتألف المصافي الدقيقة من عناصر ورقية وهناك مصافي القوة النابذة .

يظهر على الشـــكل ٣٢ مقطع مصفاة خشـــنة صفائحية ، تتألف من عشـــرات الصفائح ٥ متوضعة أفقيا فوق بعضها على المحور ٢ . (سماكة الصفائح ٣٠ر٠ مم). وتتوضع بينها صفائح وسطية ٦ بسماكة ١٥ر٠ مم .

وتؤلف سماكة الصفائح الوسطية الشقوق التي ينفـذ الزيت من خلالها من الخارج الى الداخل • وتحتجز الشوائب على السطوح الخارجية وتتراكم عليها •



شـكل (٣٢)

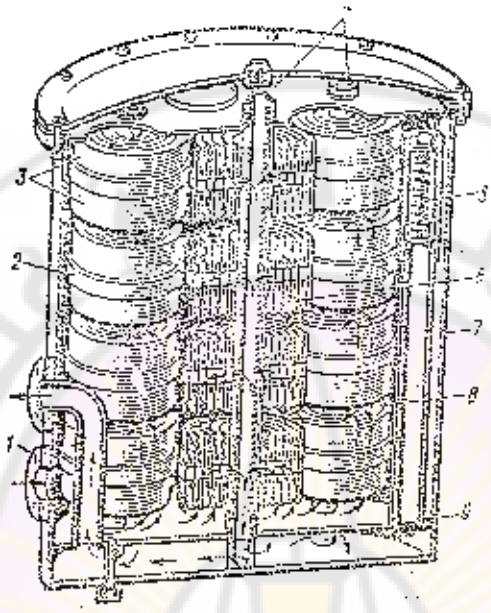
ويضاف الى بعض الصفائح صفيحة اضافية ٧ • على شكل سكين بسماكـة ١ر٠ مم • للتخلص من الأوساخ المتراكمة ، وتجمع الصفائح وتثبت على المحور ٨• وتنظف الصفائح الوسطية بتحريك المقبض ١ ، فتتحرك الصفائح العاملة وتنظفها •

يظهر على الشكل ٣٣ مقطع مصفاة دقيقة مزودة بعناصر كرتونية ، وتتألف من هيكل اسطواني ٧ ملتحم مع قعر مزدوج ، يوجد في داخـل الهيكل ٧ محاور ٤ ، يركب على كل منها أربعة عناصر تصفية ٨ •

يتألف عنصر التصفية من رقائق كرتونية ٦ مثقوبة وملفوفة حلزونيا ، وتشـد العناصر بحزام كرتوني متين ٢ •

يدخل الزيت مـن الانبوب ١ ، وينفذ من خـلال السطوح الكرتونية ويمر الزيت المصفى من الثقوب ٦ الى داخل القضبان ٤ ومنها الى أسفل المصفاة• تحتجز

المصافي الدقيقة الشوائب حتى فئة ٢٠ ــ ٣٠ ميكرونا ولا تخضع للتنظيف بل تبدل عند الضـرورة .



شـكل (٣٣)

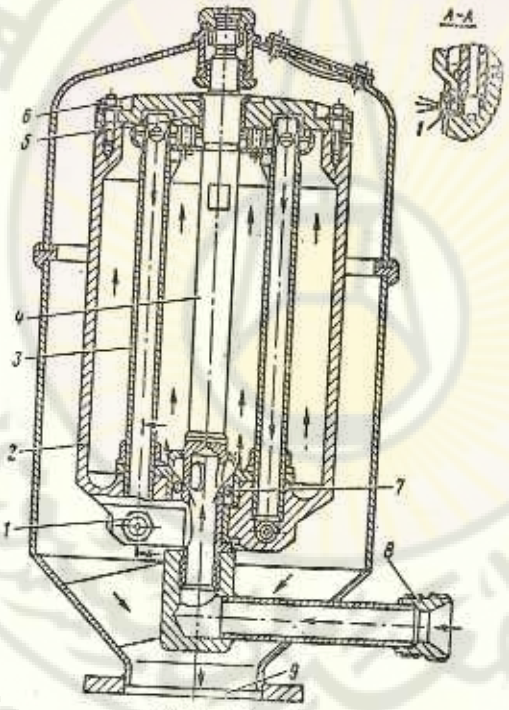
١ــ٤ــ مصفاة القـوة النابذة :

بما أن المصافي الدقيقة لا تستطيع تصفية الزيت من الشوائب الدقيقة جـدا لاسيما المعدنية منهـا (١ــ٢ ميكرونا) . والتي تنفذ من مسـام المصافي ، لذلك استخدمت المصافي العاملة على مبدأ القوة النابذة .

بما أن الجزيئات المعدنية تزن ١٠ أضعاف حجمها من الزيت ، فعندما يتعرض تيار الزيت لتأثير قوى كبيرة كالقوة النابذة عند دوران جسم اسطواني ما . تنفصل الشوائب عن الزيت الموجودة فيه وهكذا تعمل مصفاة القوة النابذة كفارزة للشوائب وليست كمصفاة عادية .

يظهر على الشكل ٣٤ مقطع في مصفاة تعمل على القوة النابذة ، ويصلها تيار الزيت الى القلب الدوّار (الروتر) • الذي يدور بسرعة تصل الى ٦٠٠٠ دورة في الدقيقة أو أكثر • نتيجة لذلك تبتعد الشوائب المعدنية ، التي تتعرض لقوة نابذة أكبر بآلاف المرات من وزنها ، عن محور الدوران ، وتتراكم على سطحها الداخلي الروتر بشكل طبقات • يصل الزيت بالانبوب ٨ ، ويدور الروتر حول القضيب ٤ المثبت على المدرج ٥ ، ويتألف من جسم ٢ ، غطاء ٦ وأنبوبين ٣ ، يوجد في نهايتهما نافورتان لخروج الزيت •

يدخل الزيت بضغط ٨ر• م•باسكال الى الفراغ في القضيب ٤ ، ومن خلال الثقوب ٧ يصل الى فراغ الروتر ويملؤه •



شكل (٣٤)

ويتم التخلص من الشوائب خلال حركة الزيت الى الأعلى في الروتر . ويصل

الزيت الى أنابيب الروتر من خلال ثقوب علوية الى النافوتين ١ • وبخروج الزيت منهما يتولد عزم معاكس يؤدي الى دوران الروتر • ويسيل الزيت المصفى من جسم المصفاة من خلال المجرى ٩ الى حوض الديزل •

ـ الحاكمة الالكترونية لضغط الزيت : تحفظ الحاكمة الديزل من التآكل الحاد الذي يظهر عند انخفاض ضغط الزيت ، والذي تسببه الظواهر التالية (انحلال الزيت بالوقود ، ازدياد درجة الحرارة ، ازدياد الخلوص في مدارج عمود المرفق وغيرها) •

ويستخدم عادة حاكمتان للحماية في نظام الزيت ، تقطع الأولى حمولة المولد الكهربائي الرئيس ، وتقطع الأخرى امداد الوقود عن الديزل •

تعمل الأولى عند الضغط ٣ر٠ والثانية عند الضغط ١٥ر٠ MPa .

هذا ويبرد الزيت بمبادلات حرارية ماء ـ زيت أو مشعات حرارية زيت ـ هواء • وستتطرق لدراستهما لاحقا •

٣ـ نظام التبريد :

مهمة نظام التبريد نقل الحرارة الزائدة وتبديدها ، من الاجزاء الرئيسة الثابتة في المحرك (الاسطوانات وأغطيتها) الى الجو المحيط • يبرد تيار الماء هذه الاجزاء وينقل منها الحرارة الى المشعات التي تتخلص من هذه الحرارة •

يجري تيار الماء في دارة مغلقة باستمرار بفضل مضخة الماء الميكانيكية • ويقوم تيار الماء بالتخلص من حرارة المبادل الحراري (ماء ـ زيت) ومن حرارة مشع الهواء المشحون ، أحيانا •

تتراوح درجة حرارة الماء في الديزل بين ٦٥ ـ ٨٥ م° ويسمح بزيادتها الى

٩٥ م٣ كحد أعظمي ولفترات وجيزة . ويفضل أن يكون الفرق الحراري على مدخل الديزل ومخرجه محصورا بين ٥ ــ ١٠ درجات ، حتى لا تظهر اجهادات اضافية في بعض أجزاء الديزل وهذا ما يتطلب تدوير نشيط للماء في نظامه كما يلي :

من معادلة التوازن الحراري

$$P_B = C_B \cdot \rho_B \cdot Q_B \cdot \Delta t_B$$

حيث :

P_B ــ كمية الحرارة الواردة الى تيار الماء من الديزل . Kw

C_B ــ السعة الحرارية النوعية للماء K.J/Kg.K

ρ_B ــ كثافة المـاء Kg/M^3

Q_B ــ انتاجية المضخة النظرية M^3/h

فاذا كانت Q_B = ٩٦٠ على سبيل المثال (في ديزل احدى القاطرات) ،

و $\Delta t = 6°$

عندها يصبح =

$$Q_B \geq \frac{P_B}{C_B \cdot \rho_B \ \Delta t_B} = \frac{960}{4{,}187 \cdot 1000 \cdot 6} = 1{,}37{,}6\ M^3/h$$

وهذا هو الحد الأدنى لانتاجية المضخة المطلوبة ، ويضاف لذلك عامل احتياط اضـــافي .

ا ـ أنواع نظم التبريد والأجزاء الرئيسة :

يظهر على الشكل (٣٥) ثلاثة مخططات لنماذج مختلفة لنظم التبريد في بعض القاطرات .

يكون نظام التبريد ثلاثي الدارات الفرعية (a) حيث يوجد في كـــل دارة مضخة خاصة بها H_1 ، H_2 ، H_3 ومشعاتها الخاصة أيضا .

يعد هذا النموذج مريحا من ناحية التحكم بدرجة حرارة السوائل وبخاصـــة حرارة الهواء المشحون ، غير أن وجود ثلاثة مضخات وتوابعها ، يعقد نظام التبريد بشكل واضح ، ويترتب على ذلك زيادة اضافية في أبعاد الانابيب والخراطيم والكتل كذلـــك .

ويتألف نظام التبريد ثنـــائي الدارات (b) من دارة تبريد الديزل بمضختها H_1 ، ودارة تبريد الزيت والهواء بمضختها H_2 . يستخدم هـــذا النظام بكثرة على القاطرات ، ويسمح بالتحكم المنفصل لدرجات حرارة الماء والزيت .

ويوجد نظام الدارة الوحيدة ، حيث تجمع كل الأجزاء الرئيسة بدارة واحدة ومضخة واحدة شكل (٧) ، يعد هذا النظام أكثر بساطة ، ولكن لا يؤمـــن شروط تبريد جيدة بسهولة .

تنقسم نظم التبريد الى نظم مغلقة وأخرى مفتوحة ، ففي النظام المفتوح يتصل الماء بالهواء الجوي في احدى نقاط النظام وهي خزان الماء . ولا تزيد الحرارة العظمى فيه عن ٩٥ م° لأن الماء يغلي عند الدرجة ١٠٠ م° في الشروط الطبيعية . ولكن النظم المغلقة تعد أكثر إحكاما ، ويمكنها العمل بدرجات حرارية أعلى من ١٠٠ م° فيمـــا

اذا كان الضغط داخلها أعلى من الضغط الجوي • ويمكن زيادة الضغط عمليا بأكثر من طريقـــة •

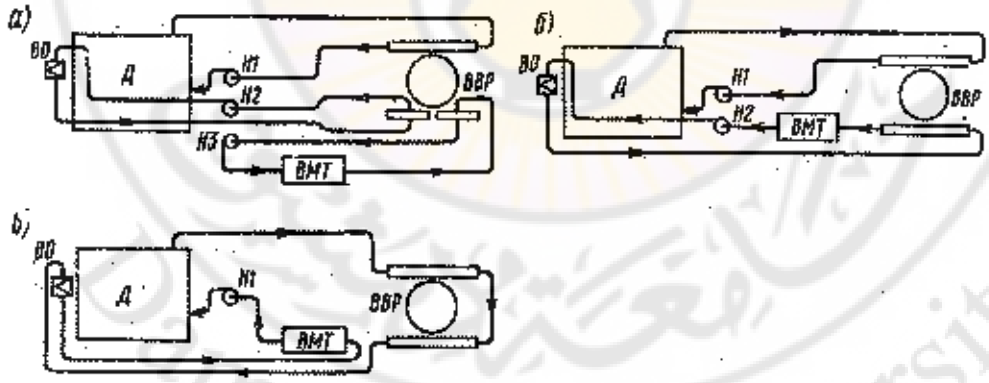
وتتميز عملية التبريد باستخدام تيار ماء عالي الحرارة نسبيا ببعض الايجابيات حيث يمكن تخفيض سطوح التبريد في المشعات وغيرها •

يظهر على الشـــكل (٣٦) a ، b مخطط نظـــام تبريد متطور على احـــدى القاطرات •

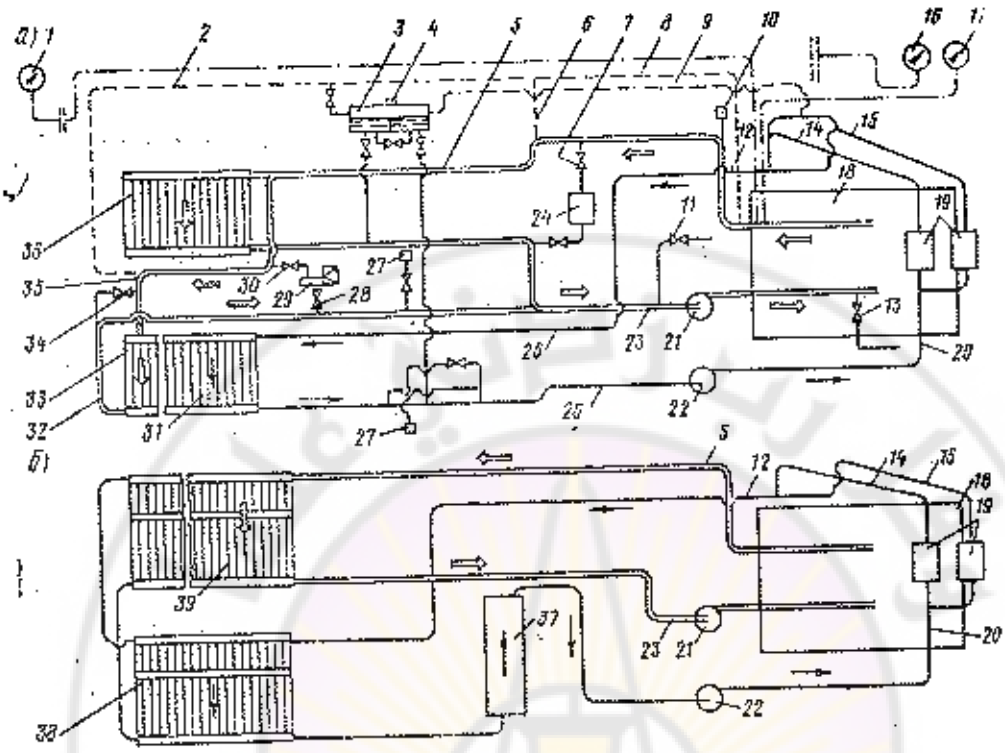
تقوم المضخة ٢١ بضخ الماء الى المجمع ١٨ ، حيث يسخن داخل المحرك ومنه يعود الى الانبوب ٥ ، الذي يؤدي الى المشع ٣٦ و ٣٣ •

ومنه يعود الماء البارد الى المضخة ٢١ بالانبوب ٢٣ ، ويصل الماء الساخن الى مسخن الوقود ٢٤ (اذا كان موجودا) كما يصل الى حجرة قيادة القاطرة ليقـــوم بتدفئتها في الظروف الباردة •

يملأ النظام بالماء من خلال الخزان ، الذي يأخذ على عاتقه تأمين الضغط اللازم



شـــكل (٣٥)



شـــكل (٣٦)

ويمنع تسرب الهواء ، ويسمح للماء بالتمدد عند ارتفاع درجة حرارته . ويعوض الماء المفقود من أجزاء نظام التبريد أثناء الاستثمار .

يزود الخزان بمقياس سوية الماء ، وأداة أخرى لحمايته من الارتفاع المفاجىء للماء فيه يملأ الخزان من خلال العنق ٢٧ أو من الرأس ٤ الموجود على جسم الخزان ٣ . ويمكن سحب الماء كله من داخل النظام ، من الرأس ٢٧ ، عند اجراء الصيانة. تراقب درجات الحرارة في حجـرة القيادة بمؤشرات ودلائل قياسية كهربائية ١٧ ، ١٦ ، ١ .

ـ تتألف دارة تبريد الهواء المشحون من مضخـة ٢٢ ، مصفاة الهـواء ١٩ ،

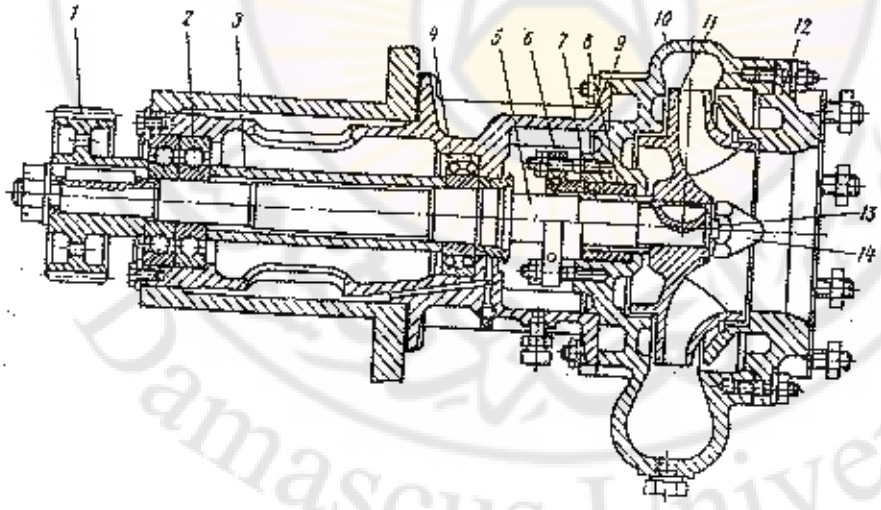
مشع ٣١ ، وأنابيب التوصيل ٣٠ ، ١٤ ، ١٥ ، ١٢ ، ٢٦ ، ٢٥ . ويوجد في هـذه الدارة مبادل حراري (ماء ــ زيت) ٣٧ ، وخزان خاص ويعد جـزءا من الخزان الرئيـس .

يستخدم الانبوب ٩ لطرد الهواء والبخار الى فراغ الخزان ومنه الى الجو المحيط وتراقب الحرارة في هذه الدرة بمحرار خاص (منظم حراري) .

ــ مضخة الماء : تقـوم المضخة بالتدوير المستمر والنشيط للمـاء في مختلف الدارات وتستخدم عادة المضخات العاملة على القوة النابذة ، وهي ذات بنية واحدة تقريبا في جميع القاطرات . وتختلف بأبعاد دولاب المضخة وبالتالي بانتاجيتها .

يظهر على الشكل ٣٧ مقطع مضخة مركبة في أحـد المحركات . وتتألف من هيكل حديدي ١٠ ، يضم داخله الدولاب ١١، المصنوع من البرونز، يركب الدولاب على المحور ٥ بالبرغي ١٤ ، ويستند المحور الى المدراج ٢ ، ٤ في الجزء الثابت ٠٩ يستمد المحور حركته من الترس القائد ١ ، الذي يستمد بدوره حركته من عمـود المرفق في الديزل .

يسحب الماء من خلال الرأس ١٢ الى الفراغ المحصور بين زعانف الدولاب ١١ ومنه الى المخرج . توجد في المضخة مانعة احكام ٤ مهمتها منع وصول الزيت الـى



شـكل (٣٧)

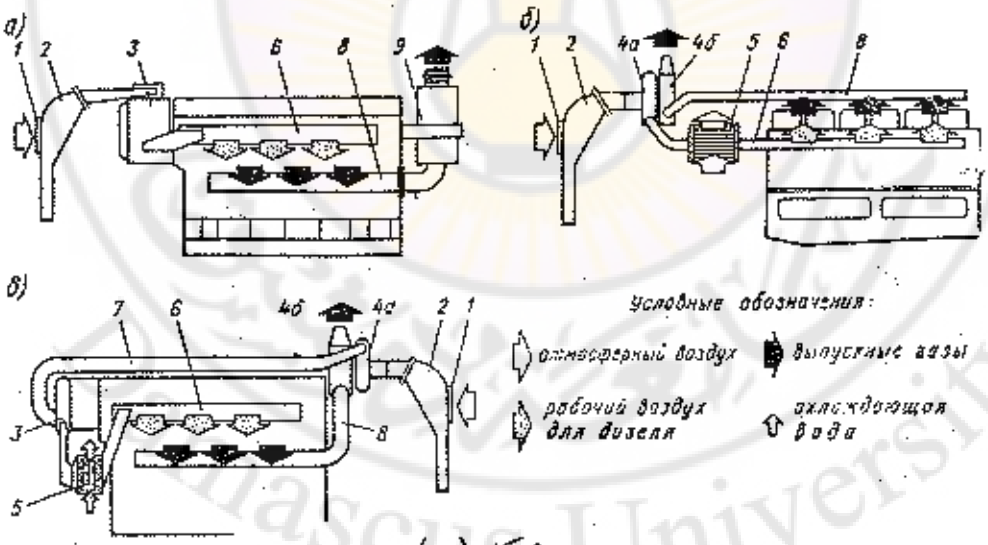
داخل المضخة . وتقوم حلقة الاحكام ٨ والجلبة ٦ بمنع تسرب الماء من داخل المضخة على امتداد المحور . وتحمي الجلبة ٧ المطلية بالكروم المحور من التآكل .

٤ـ نظام الإمداد بالهواء ، وطرد الغازات :

مهمة النظام امداد الديزل بالكمية الضرورية من الهواء النقي المضغوط . وتحتاج محركات القاطرات الحديثة الى كمية كبيرة من الهواء (١٥ ـ ٢٠ ألف م^3) في الساعة الواحدة أو أكثر ، وتستخدم لهذا الغرض آلية ضغط مختلفة تسحب الهواء الجوي الى اسطوانات المحرك .

ومن المعلوم أن الهواء الجوي يحتوي على نسب مختلفة من الغبار والشوائب الأخرى وخاصة بالقرب من القاطرات أثناء مسيرها . وتساوي نسبة وجود المواد الملوثة في الهواء ٢ ـ ٤ م غ/م^3 بشكل وسطي ، وتزداد هذه النسبة عشرات المرات بالقرب من المعامل والمصانع المختلفة ، تزيد هذه الشوائب من حدة التآكل في الديزل اذا تسربت مع الهواء ، لذلك كان لابد من تصفية الهواء الجوي قبل دخوله الى الاسطوانات .

تتألف دارة الامداد بالهواء شكل (٣٨) من فوهة الدخول ١ ومصفاة الهواء ٢ ،



شكل (٣٨)

آلية لضغط الهـواء (شحن الهـواء) ٣ ، مجمعات الدخول ٦ ومجاري الهـواء الأخرى .

ويبرد الهواء بمبردات خاصة ٥ ، لزيادة كميته قبل دخوله الى الاسطوانات ، ويركب المبرد عادة في آلية الشحن ثنائية المراحل ، بعد المرحلة الأولى للضغط .

٤ـ١ـب آليـة شحن الهـواء :

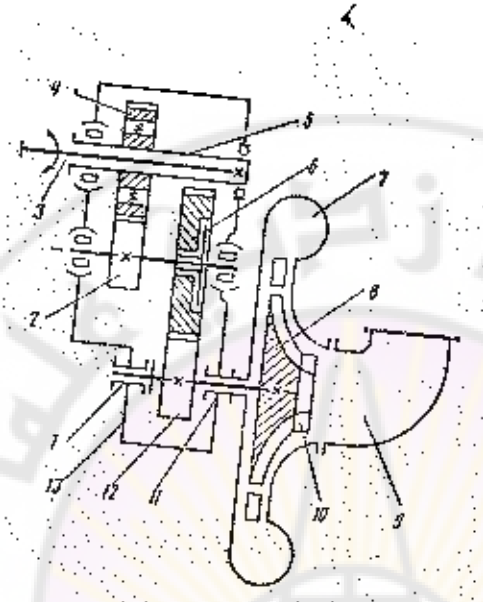
يستخدم على ديزل القاطرات نوعان من آلية الشحن : آليـة الشحن الروتزية (الحجمية) والضواغط المركزية ، وكلاهما يستمد حركته من عمود المرفق . لكن الضواغط المركزية يمكن أن تستمد حركتها من عنفة غازية صغيرة خاصة بها ، تعمل على غازات العادم في الديزل ، وتجمع العنفة والضاغط في هيكل واحد يسمى آلية الشحن الغازية .

ـ يستخدم الشاحن الروتري ذو الزعانف على المحركات ثنائيـة الاشواط ، ويتألف من هيكل (١) بداخله روتران يدوران بشكل متواقت (٢ ، ٤) ، ويسحبان الهواء الجوي الى مجمع الهواء في الديزل ، وتضع زعانف الروتر بشكل حلزوني حتى تكون عملية الامداد مستمرة . وتتناسب كمية الهواء طردا مع عـدد دوران الروتر ، الذي يتبع أساسا عدد دوران الديزل .

يصنع الروتر الأجوف من الالومنيوم ولا تتلامس سطوحها عنـد الدوران ، وتدور بوساطة ترس خاص .

ـ تستمد الضواغط المركزية حركتها من عمود المرفق في الديزل ، ويظهر على الشكل (٣٩) مخطط عمل هذا الشاحن ، الذي يعمل كمرحلة ثانية . ويتألف من دولاب مركزي ٨ يـدور في الهيكل ٧ ، المصنوع من خليطـة الألومنيوم بطريقـة السكب ، والذي يتصل بمجمع الدخول ٩ . ويضع الدولاب ٨ من الألومنيوم أيضا ويضغط على جلبـة فولاذية ، ملبسة على مؤخرة المحـور ١٢ ، الذي يثبت عليـه الدولاب ١٠ ببرغي خاص . ويثبت الهيكل ٧ مع مخفض السرعة ١٣ بعدة صامولات ،

يتألف مضخض السرعة من زوجين من التروس الاسطوانية ٤ــ٢ ، ٦ــ١٢ ، ويستند المحور المقود ١٢ الى مدرجتين انزلاقيتين ١١ ، ١ ، ويتصل المحور ٣ بعمود المرفق في الديزل .

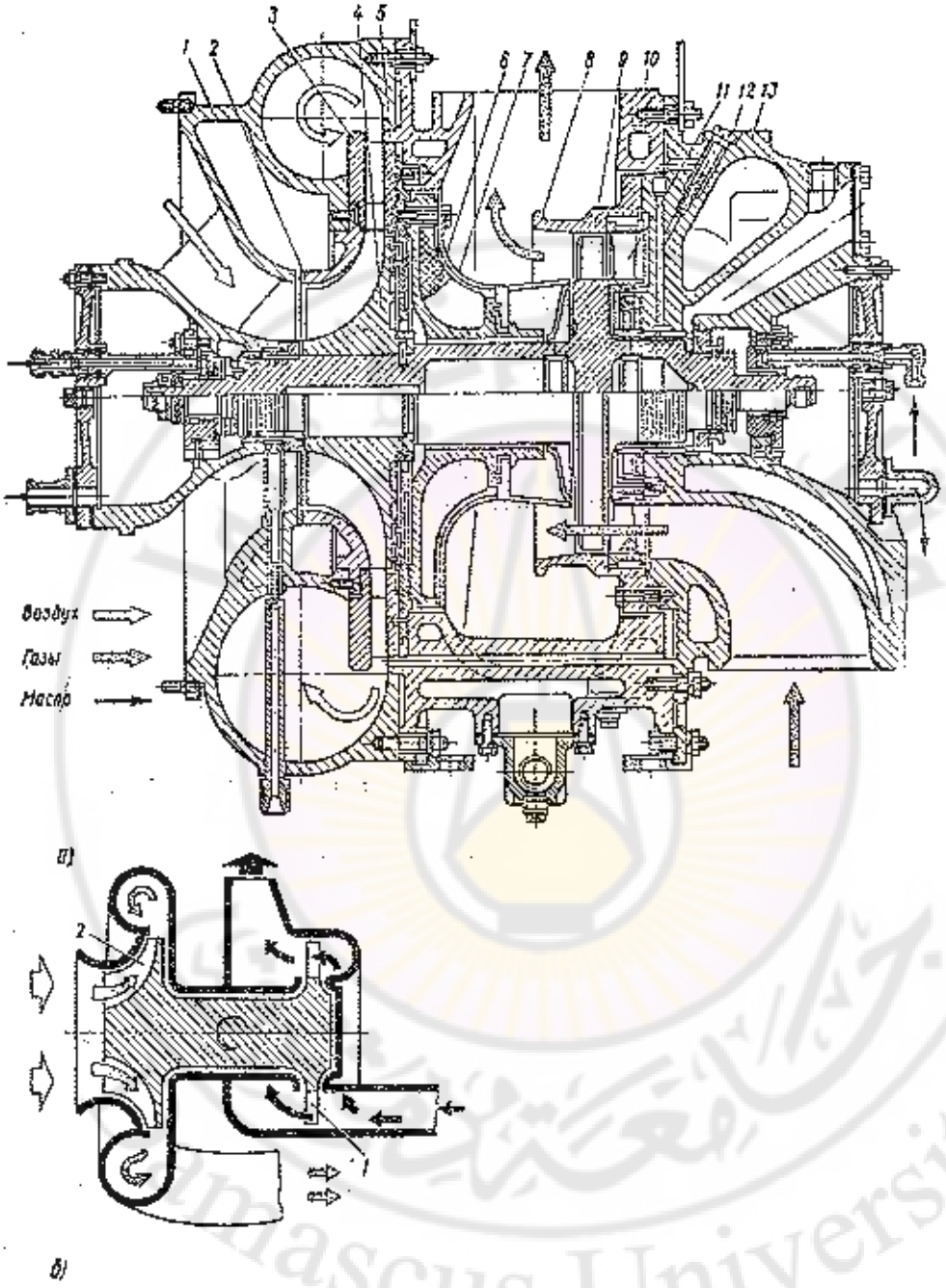


شكل (٣٩)

٤ــ١ــ١ــ آليـة الشحن الغازية :

تتعلق كمية الهواء في آلية الشحن الميكانيكية السابقة بعدد دوران عمود المرفق في الديزل ، وهذه ميزة سلبية هامة اذ أن الشاحن يعطي كمية من الهواء واحدة في حالات مختلفة لنظم عمل الديزل ، وتستطيع آلية الشحن الغازية تجاوز هذه الميزة السلبية ، طالما أنها لا ترتبط مباشرة (ميكانيكيا) بالديزل ، وهي مؤلفة من جزءين رئيسين عنفة غازية ، وضاغط مركزي ، مجمعين في هيكل واحد ، على محور واحد مشترك . ويظهر على الشكل (٤٠) مخطط عمل ومقطع في هذه الآلية .

تأتي الغازات الحارة من الديزل الى العنفة ، التي تستخلص جزءاً من طاقتها الحرارية ، وتطردها بعدئذ الى الجو المحيط وبدوران المحور المشترك ، يتحرك الهواء المحصور بين زعانف الضاغط من مركزه الى الأطراف ، ومن الضاغط الى



شكل (٤٠)

مجمع الهواء في الديزل • وتتناسب كمية الهواء مع دوران الدولاب ويدور الروتر طبقا لكمية الغازات الخارجية من المحرك • (عدد دوران الروتر ١١٠٠ـ١٢٠٠ ألف دورة في الدقيقة الواحدة) • أي أن الديزل المزوّد بشاحن غازي يتمتع بالتحكم الذاتي، لأن زيادة الاستطاعة تؤدي الى زيادة كمية الغازات الخارجية وطاقتها • ويزداد تبعا لذلك عدد دوران محور الشاحن ، وتزداد كمية الهواء الواردة منه الى الديزل والعكس بالعكس •

لكن الأهم من هذا وذاك أن الشاحن الغازي يستخدم طاقة حرارية ضائعة بالاساس (تساوي درجة حرارة الغازات الخارجية من الديزل ٥٠٠ م° وضغطها ٢ر٠ م٠ باسكال) •

يستخدم الشاحن الغازي في المحركات رباعية الاشواط أكثر من المحركات ثنائية الاشواط •

ولكن يستخدم الشاحن المختلط (ميكانيكي ـ غازي) بمرحلتي ضغط ، والذي يسهل عملية اقلاع الديزل ، عندما تكون كمية الغازات الخارجة منه غير كافية •

٥ـ٢ـ مصافي الهواء :

يستند مبدأ عمل مصافي الهواء في احتجاز الغبار والشوائب الموجودة في الهواء الى استخدام قوة عطالة هذه الشوائب الحاصلة عندما يغير تيار الهواء وجهة جريانه، حيث تحتجز الشوائب على سطوح التصفية المغطاة بطبقة من الزيت • تقاس درجة التصفية عادة بمعامل النفاذ ، الذي يساوي نسبة كمية الغبار الذي ينفذ من المصفاة الى كمية الغبار الكلية الوارد اليها مع الهواء •

تساوي ع من ٥ر١ ـ ٢ ٪ في مصافي قاطرات الديزل الهوائية •

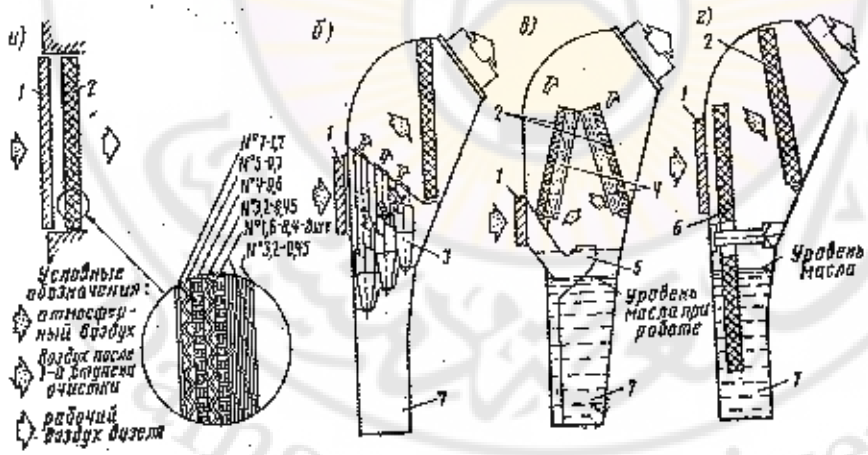
إن أبسط المصافي المستخدمة في القاطرات هي المصافي الشبكية المؤلفة من مجموعة من الصفائح الشبكية المنضدة بعضها فوق بعض والمغمورة بالزيت مسبقا

شكل (٤١) a • تحتجز المصفاة ذرات الغبار والجزئيات الأخرى على سطوح الصفائح الشبكية عندما يجتازها تيار الهواء • ولكن تعلق مسامات المصفاة بمرور الزمن بالغبار المتراكم مما يتوجب فكها وتنظيفها بشكل سريع ودائم وهذه هي الميزة السلبية الرئيسة لهذه المصافي ، التي أصبحت قليلة الاستخدام •

وتستخدم أحيانا مصافي بمرحلتين للتصفية ، تستخدم في المرحلة الأولى مصافي سيكلونية وفي المرحلة الثانية مصافي شبكية شكل (٤١) b • حيث يدخل الهواء من الأباجور ١ الى السكلون ٣ ، المؤلف من أنبوبين خارجي مخروطي الشكل وداخلي اسطواني الشكل ويوجد بينهما موجه حلزوني لتيار الهواء . وعند دوران التيار وبتأثير القوى النابذة ، تنجذب ذرات الغبار الى السطح الداخلي للأنبوب الخارجي ويتابع الهواء سيره الى الأنبوب الداخلي •

يبلغ عدد السيكلونات من ٥٠ ــ ٦٠ وحدة على كل جانب وتعد هذه المصافي أولية لأن عامل النفاذ فيها يبلغ ٣٠ ٪ •

بعدها يصطدم الهواء بالمصافي الشبكية ٢ (المرحلة الثانية) •



شكل (٤١)

تحتاج هذه المصافي الى استطاعة كبيرة للتغلب على مقاومتها الهيدروليكية . كما أن مردودها منخفض نسبيا وكذلك سعتها أو استيعابها للشوائب العالقة ليس كافيا .

تظهر على الشكل (٤١ ــ ٧) مصفاة لها حوض زيتي، يأتيها الهواء من الأباجور ١ الى المجرى المائل الضيق ومنه الى المنفذ ٥ في حوض الزيت ٧ . يسحب بطريقة تيار الهواء قليلا من الزيت من الحوض بشكل قطرات وتنفذ الى الصفائح ٤ التي تركب عليها المصافي الشبكية ٢ . ومن الصفائح ٤ يتساقط الزيت باستمرار الى الأسفل حاملا معه ذرات الغبار العالقة .

تظهر على الشكل (٤١ــ٢) مصفاة أخرى ثنائية المراحل ، تسمح المصافي دائمة الفعالية . حيث تصنع المصفاة الاولية ٦ بشكل دولاب دوّار ، ونصفه السفلي مغمورا في حوض الزيت ٧ . وبدوران الدولاب يتم التخلص من الذرات العالقة في حوض الزيت وبذلك تزداد سعة المصفاة دون أن تتغير المقاومة الهيدروليكية . (يساوي عدد دوران الدولاب ١ ــ ٥ر١ دورة في الدقيقة) ويتم تشغيل دولاب المصفاة بوصلة هوائية .

وتستخدم في المرحلة الثانية صفائح فيها مسام دقيقة تساعد على احتجاز ما نفذ من الذرات العالقة في الهواء .

يحمي الأباجور ، الذي يركب في الأمام ، المصافي من الاجسام الغريبة (أوراق وغيرها) ومن الامطار كذلك .

٤١ــ٣ــ المخامد :

يتألف من المجمعات ٨ شكل (٣٨) والجزء الذي يمتص الضجيج ٩ (كاتم الصوت) تغلف المجمعات بعوازل حرارية مركبة على الغلاف الفولاذي الواقي لها . وذلك للمحافظة على الطاقة الحرارية المستخدمة في آلية شحن الهواء ، ولحماية السطوح من الحرارة العالية أيضا .

تصنع المجمعات أحيانا من طبقتين مزدوجتين ، يمر من خلالهما تيار ماء • ويضاف للمجمعات مانع الشرارات أحيانا وذلك لزيادة الأمان ومنع حدوث حريق مفاجيء •

٥ـ مبردات الماء والزيت والهواء المشحون :

تنقل المبردات (عناصر التبريد) الحرارة من السوائل (الماء ، الزيت) والهواء المشحون الى الجو المحيط •

وتتألف عناصر لتبريد من :

١ ـ المشعات (ماء ـ هواء ، زيت ـ هواء) •

٢ ـ المبادلات الحرارية (ماء ـ زيت) ، (هواء ـ ماء) •

٣ ـ مراوح التبريد •

تناسب كمية الحرارة المنقولة في المبردات طردا مع سطح التبادل الحراري F ، والفرق الحراري Δt بين السائل والهواء •

$$P = K \cdot F \cdot \Delta t$$

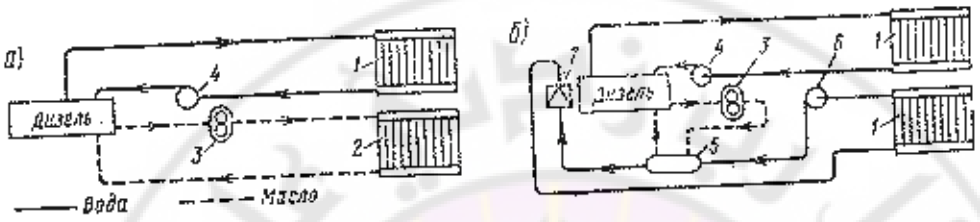
حيث :

K ـ معامل الانتقال الحراري •

وبما أن Δt محدودة فان سطوح التبادل الحراري يجب أن تكون كبيرة نسبيا •

تستخدم القاطرات عناصر تبريد مختلفة في النظم المختلفة :

١ ــ يبرد الماء في مشعات (مــاء ــ هواء) ١ ، والزيت في مشعات (زيت ــ هواء) ٢ شكل (٤٢) ويتميز هذا المخطط بالمردود الضعيف ، لاسيما في المحركات القويــة .



شــكل (٤٢)

٢ ــ يبرد الماء في مشعات (مــاء ــ هواء) ١ ، والزيت في مبــادل حراري (ماء ــ زيت) ٥ شكل (٤٢) b ، حيث يقوم الماء بتبريد الزيت ، ثم يبرد الهــواء في المرحلة التالية . وعندما يبرد الزيت بالماء ، يمكن تخفيض أبعاد المشع عــلى القاطرة ، وتصبح حرارة الزيت أكثر استقرارا ، وهذا له أهمية خاصة عنــد عمل الديزل على الحمولات المتغيرة .

يوجد في كل مخطط ، مضخة زيت ٣ ، ومضختي ماء ٤ ، ٦ أما الهواءالمشحون فيبرد في مبرد الهواء ٧ شكل ٤٢ b بتيار الماء . كما يمكن تبريد الهواء بتيار آخر من الهواء (هواء ــ هواء) أيضا .

٥ــ١ــ توضع عناصر التبريد (المبردات) :

تتجمع عناصر التبريد (المشعات ، المراوح وتوابعهما) عادة في مؤخرة هيكل القاطرة أو في وسطها . وتؤلف ما يسمى حجرة التبريد داخل الهيكل شكل ٤٣ a

يدخل الهواء اليها من الجدران الجانبية ، وتضم المشعات المائية والزيتية أو المبادل الحراري (ماء ــ زيت) • يتجمع سائل التبريد من المجمعات ٩ ، وتركب المروحة المحورية ٤ في وسط الحجرة •

تسحب المروحة الهواء من خلال الفتحات الجانبية ١ ، التي المشعات ٢ ، ٣ ويبردها ثم يجري في الاختناق ٥ الى الجو المحيط • ويتم التحكم بكمية الهواء بوساطة أباجورات الفتحات الجانبية ١ ، ٦ ، وبالتالي يتم التحكم بدرجة حرارة الماء والزيت •

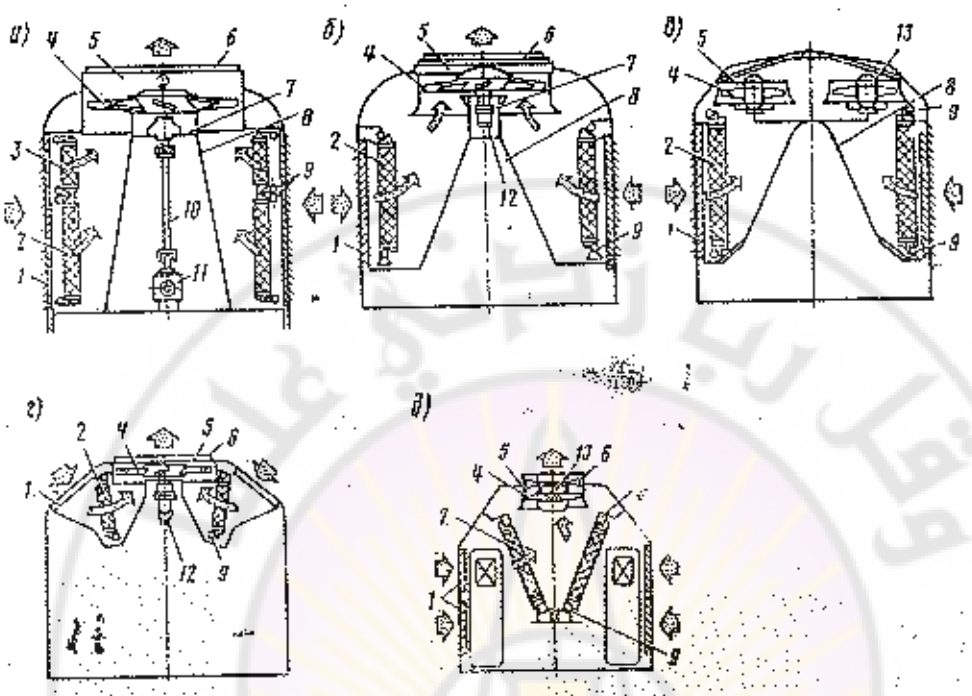
تدور المروحة ٤ من خلال مخفض السرعة ١١ ومحور الحركة ١٠ الذي يتلقى حركته من عمود المرفق في الديزل ، شكل (٤٣) a • أو بوساطة محرك كهربائي خاص شكل ٤٣ B • d .

يتراوح عدد المراوح بين ١ ــ ٣ بحسب طول جبهة المشعات وبحسب مخطط توضعها ، وتركب المبادلات الحرارية (ماء ــ زيت) على الديزل مباشرة وكذلك مبرد الهواء المشحون •

٥ــ٢ــ المشعات :

عندما تتوضع المشعات وفق الشكل ٤٣ a يصل طول جبهتها الى ثلاثة أمتار وتبلغ كتلة المشعات الضرورية الى ٢٦٠٠ كغ ، لهذا السبب تصنع مبردات نموذجية صغيرة نسبيا ، ثم يجمع بعضها مع بعض وفق مخطط مناسب •

ــ المشع (ماء ــ هواء) :



يتألف من حزمة أنابيب معدنية ، مسطحة رقيقة الجدران شكل ٤٤ b مصنوعة من النحاس .

تدخل نهايات الانابيب ١ في ثقوب العلبتين ٢ ، وتلحم فيها ، تتوضع الانابيب وفق مخطط شطرنجي على ثمانية صفوف عادة يحتوي كل صف ٨ــ٩ من الانابيب. تتحمل الانابيب الطرفية الاجهادات الحرارية ولا يمر السائل من خلالها ، وتلتحم العلبة ٢ العليا والسفلى مع المجمع ٣ . ويمر المـاء من خلال الثقوب ٤ ، وتستخدم الثقوب ٥ لتثبيت المشع بصامولات خاصة .

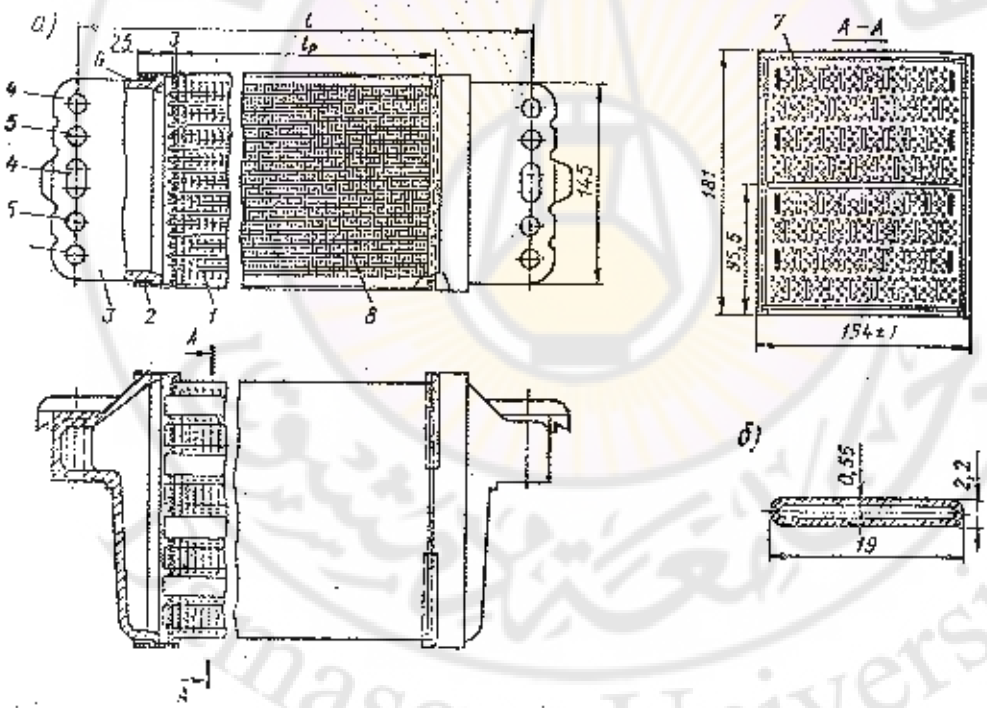
يتراوح طول المشعات المستخدمة في ديزل القاطرات بين ٥٣٥ مم و ١٢٠٦ مم وتختلف مشعات الماء عن مشعات الزيت بعدد الانابيب وطريقة توضعها فقط يساوي

مقطع الانبوب ٤ × ١٧٫٥ وعدد الصفوف ثمانية ، وعدد الانابيب عشرة في كل صف ، ويزداد مقطع الانابيب في المشعات الزيتية بسبب لزوجة الزيت الكبيرة .

يساوي معامل الانتقال الحراري للمشعات الزيتية (٢٥ وات/م^2 . K) . أقل مما هو عليه في المشعات المائية بثلاث مرات . ويلزم من المشعات لتبريد الزيت أكبر مما يلزم لتبريد الماء .

يعود ضعف الانتقال الحراري من الزيت الى الانابيب الى الجريان الصفائحي للزيت فيها ، اذ أن طبقاته الخارجية فقط تعطي الحرارة للانابيب .

أهم المميزات السلبية لمشعات الزيت هي المردود المنخفض وصعوبة الاستثمار في المناخ البارد ، وتسرب الزيت من نظام الزيت أحيانا . وهذا ما أدى الى استبدال بالمشعات الزيتية المبادلات الحرارية (ماء ــ زيت) .



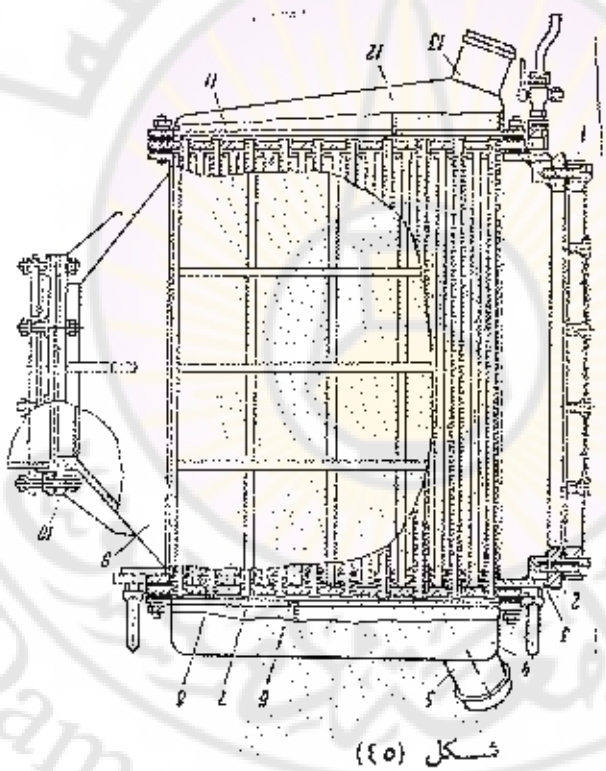
شكل (٤٤)

٥ـ٣ـ المبادلات الحرارية (ماء ـ زيت) :

يتألف المبادل الحراري من جسم اسطواني ، يحوي حزمة من الأنابيب،يجري الماء في داخلها ، ويجري الزيت حولها بعد أن يملأ جسم المبادل بالكامل .

على الشكل ٤٥ يظهر مقطع مبادل حراري ، مؤلف من ثلاث قطاعات علوي ٢، وسطي ٣ ، وسطي ٤ ، تتوضع فيها حزمة الأنابيب ١٥ طوليا ، وتتصل بالصفيحة ١٨ من الأعلى وبالصفيحة ٨ من الأسفل .

تتألف حزمة الأنابيب من ٩٥٥ أنبوبا نحاسيا قطره الداخلي ٨ مم والخارجي ١٠ مم وطوله ١٩٩٧ مم .



شكل (٤٥)

يقسم الجسم الى جزءين طوليا والى ١٣ قطاعا عرضيا شكل (٤٥) . ويغلف المبادل الحراري من طرفيه بالغطائين ١٠ ـ ١٩ .

يأتي الماء الى المبادل من فوهـة الانبوب ٩ في الغطاء السـفلي ويمر ببعض الانابيب الى الفـراغ ١٩ في الغطاء العلوي ، ومنه يعـود الى الاسفل في الانابيب المتبقية ويخرج من المبادل من الفوهة ١٧ .

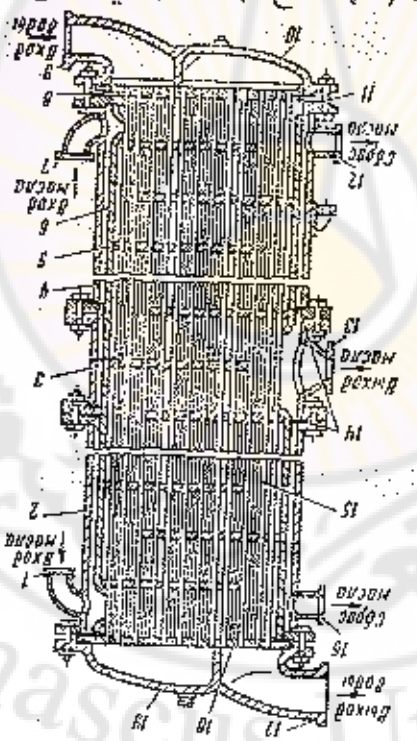
ويأتي الزيت من الديزل الى جسم المبادل بتيارين الى الفوهتين ١ ، ٧ ، ويقطع كل تيار منهما ٧ مسارات عرضية داخل جسم المبادل ، ويلامس جميع الانابيب ، ثم يتحد التياران ويخرج الزيت من الفوهة ١٣ .

تختلف المبادلات الحرارية من بعضها بعدد الانابيب وأطوالها وعدد مسارات الزيت فيهـا .

ـ مبرد الهـواء :

هو مبادل حراري (ماء ـ هواء) ، يجري في أنابيبه الماء ويجري الهواء بـين الانابيب .

يظهر على الشكل (٤٦) مقطع مبادل حراري خاص لتبريد الهواء .



شـكل (٤٦)

يتألف المبادل من حزمة أنابيب ٨ مرتبة بشكل شطرنجي ، يدخل الماء الى الهيكل ٣ من الفوهة ١٣ الكائنة في الغطاء السفلي K . ويقطع ثلاثة مسارات قبل أن يصل الى المخرج ٥ الكائن في الغطاء العلوي ٤ .

ويسر الهواء بين الانابيب من المدخل ١٠ الى المجرى ٩ ومنه الى المخرج ٢ .

٥ـ٤ـ المروحة :

تدفع المروحة تيار الهواء خلال المشعات . ومن المعلوم أن معامل الانتقال الحراري للمشعات يزداد بازدياد سرعة تيار الهواء ، ويصبح أعلى ما يمكن عندما تصبح سرعة الهواء ١٠ م/ثا في المقطع الضيق في المشع .

يتم اختيار نوع المروحة ، استنادا الى شروط العمل : ـ انتاجية كبيرة من الهواء دون زيادة كبيرة في فرق الضغط ، ولهذا يفضل استخدام المراوح المحورية التي تتميز بالخواص المذكورة ، ويتألف دولاب المروحة من ٦ـ٨ شفرات عادة .

٥ـ٥ـ التحكم بحرارة السوائل :

بما أن انتشار الحرارة من الديزل الى الماء والزيت يتأثر بنظام عمله (عدد الدوران، الحمولة) فان قدرة المشع على تبديد الحرارة يتبع نظام عمل الديزل .

اذا انخفضت حمولة الديزل ولم تتغير انتاجية المروحة (محور المروحة مرتبط مباشرة بعمود المرفق) فان المشع سيبدد من الحرارة أكثر مما يرد اليه من الديزل وهذا ما يؤدي الى انخفاض حرارة الديزل (الماء والزيت) . مما ينعكس سلبا على عمله وتصادف هذه الحالة كثيرا في ظروف الاستثمار لأن نظام تبريد الديزل يصمم ويحسب على الظروف والشروط الأصعب (عند الاستطاعة الكاملة للديزل والدرجة الحرارية العظمى للجو المحيط + ٤٥°) . واذا لم يتم التحكم بانتاجية المروحة فان السوائل تتعرض باستمرار للتبريد المفرط .

لذلك يجب المحافظة على حرارة السوائل في مجـال مستقر ، بغض النظر عن عن الحمولة وتغيراتها ، والظروف الجوية وتبدلاتها .

يتم التحكم عـادة بطرائق عديدة أبسطها ، غلق فتحـات التهوية وفتحهـا (أباجورات التهوية) . تشغيل المروحة عند ارتفاع الحرارة فقط ، باستخدام قارنة هيدروليكية . وتغيير دوران المروحة مرحليا أو بشـكل مستمر . وتغيير الخواص الايرودينامية للمروحة بتغيير زوايا ميلان زعانفها .

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الفصل الرابع

نظـم نقـل استطاعة الديزل وتحويلها

١ — اهمية نظم نقـل وتحويل استطاعة الديزل وضرورتها :

يقوم الديزل بتحويل الطاقة الكيميائية للوقود الى طاقة ميكانيكية • وبنتيجة عمله يتولد على محاور عجلات القاطرة عزم محصلة M_k ، يجعلها تدور •

ويساوي :

$$M_k = F_k \frac{D_k}{2}$$

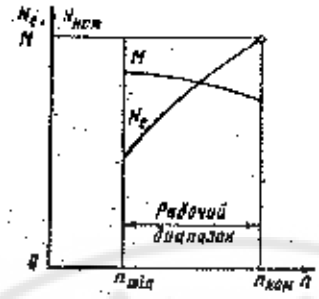
F_k — القوة المحصلة لمجموعة القوى المتولدة في نقاط استناد العجلات على الخط الحديدي وتسمى قوة الجر •

D_k — قطر العجلـة •

تتأثر قيمة القـوة F_k بعوامل ومؤشرات عديدة منها سـرعة الحركة V وتسمى العلاقة بين F_k و V ، خاصية الجر للقاطرة (منحني الجر) •

من المعلول أن استطاعة الديزل تتناسب طردا مع عـدد دورانه (عند ثبـات استهلاك الوقود) • شكل (٤٧) • وتحسب الاستطاعة العظمى المتولدة أساسا بعدد الدوران من جهة وبقيمة الوقود المستهلك من جهة أخرى • أما عزم الديزل فـلا يتأثر بعدد الدوران ويمكن عده ثابتا ومستقرا (عند ثبات استهلاك الوقود) •

يعمل الديزل في المجال المحصور بين عدد الدوران الأصغر • n_{min} وعـدد الدوران الأعظمي n_{max} • وتساوي n_{min} ٣٥ ٪ من n_{max}



شـــكل (٤٧)

ولا يسمح بتغيير اتجاه الدوران دون وجود تجهيزات اضافية ضرورية كمـا يلزم لإقلاعه مصدر آخر للطاقة ، ولا يتم ذلك الا بعد فصل الحمولة عنه . كما أن الاستهلاك النوعي للوقود يصبح أقل ما يمكن فقط عند العمل على النظام الأسمي.

وعلى العموم يمكن ايصال عزم الديزل الى محاور العجلات مباشرة ، وذلـك بربط عمود الديزل بمحاور العجلات ميكانيكيا (بالمسننات مثلا) . غير أن هـذا الربط المقترح غير مؤهل للعمل لعدة أسباب جوهرية . لأن قوة الجر ستكون ثابتة تقريبا ، مهما كانت سرعة الحركة شكل (٤٨) لأن عزم الدوران لا يتأثر بعددالدوران في هذه الحالـة .

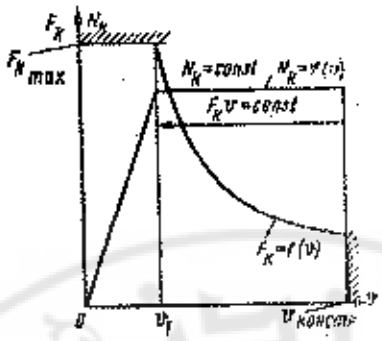
وفي الوقت نفسه تتناسب استطاعة القاطرة N_k (عند الوصل المباشر بـين الديزل والعجلات) طردا مع سرعة الحركة (عند ثبات القوة F_k) .

لأن

$$N_k = F_k \ v$$

على هذا الاساس يمكن الحصول على الاستطاعة الاسمية للديزل فقط عنـد السرعة العظمى ، عـلى الخط المستقيم ، أو عندمـا تكون كتلة القطار صغـيرة ، ولا تستطيع القاطرة المذكورة بحالتها هذه ، الاقلاع بالقطار ولا تطوير سرعتها .

وبهذا لا يمكن استخدام القاطرة ذات الوصل المباشر بـين الديزل والعجلات عمليا ، أي أن الديزل غير مؤهل لعملية الجر بمفرده .



شـكل (٤٨)

ـ خاصية الجـر المثالية :

يمكن الحصول على الاستطاعة العظمى للديزل وبالتالي للقاطرة عند الدوران الأعظمي لعمود المرفق .

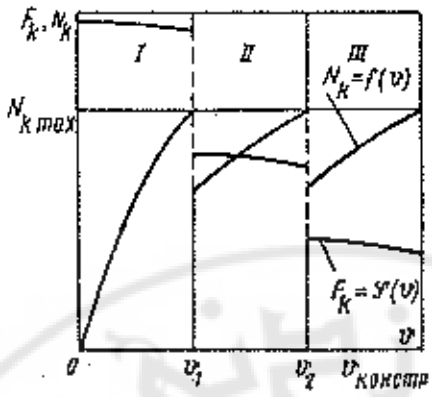
ومن جهة أخرى تتطلب حركة القطار على خط مختلف المقاطع ، تغيير قـوة الجر في مجالات واسعة .

ولاستخدام استطاعة الديزل العظمى والثابتـة ضمن المجـال الفعلي لحركة القاطرة . يجب أن يكون منحني الجر مشابها للقطع الزائد ، اذا كانت N_k ثابتة فان F_k . V_k ثابتة . وهذه علاقة القطع الزائد ، وتسمى الخاصية المثاليـة للجـر في القاطرة .

تحدد هذه الخاصية قوة الجر العظمى $F_{k,max}$ والسرعة العظمى V_k المتعلقة شروط التماسك بين العجلات والخط ،

تستخدم الاستطاعة الكاملة للديزل في القاطرة ذات المنحني المثالي في المجـال الفعلي للسرعات المحصور بين V_1 و V_k شكل ٤٩ .

يحقق هـذا المنحني المثالي القوة العظمى اللازمـة للاقلاع ، واللازمة لزيادة



شـــكل (٤٩)

السرعة وتؤمن فرصـــة الاستفادة التامـــة من الاستطاعة في مختلف مسارات الخط الحديدي .

٢ ــ المتطلبات الضرورية من نظام نقل الاستطاعة :

تستوجب عملية تأهيل الديزل لجر القطارات،تجهيز القاطرة بنظام نقل وتحويل معين يفصل ما بين الديزل ومحاور العجلات .

يجب أن يتمتع هـــذا النظام بالقدرة على تغيير قوة الجر وســـرعة القاطرة في مجالات واسعة ، مـــع المحافظة على استقرار دوران الديزل ، وأن يفسح المجـــال للاستفادة من الاستطاعة الكاملة للديزل في مجالات واسعة للسرعة ، وإمكان تغيير اتجاه حركة القاطرة ، واقلاع الديزل دون حمولة .

ويجب أن يكون مردود النظام كبيرا في مختلف الظروف . مع المحافظة عـــلى أبعاد محدودة وكتلة محدودة أيضا . وأن لا يكون باهظ التكاليف ، وأن يعمـــل بوثوقية كافية خلال الاستثمار ، وسهل الصيانة والاصلاح .

٣ ــ انواع نظم نقـــل الاستطاعة :

هناك ثلاثة أنواع رئيسة لنظم نقل الطاقة وتحويلها ، وهي النظم الميكانيكية والهيدروليكية والكهربائية .

٣ـ١ـ النظام الميكانيكي :

يعد أبسط أنواع النظم بتركيبه ، ويتألف من علبة سرعة تركب بين عمود الديزل والمحاور القائدة للعجلات .

تحتوي علبة السرعة على عدة مراحل للتحويل ، بوساطتها يمكن تغيير نسب التحويل ، وجهة الحركة أيضا . تسمح علبة السرعة باقلاع الديزل بعد فصله عن الحمولة (محاور العجلات) ، باستخدام فاصل واصل خاص ، مؤلف من أقراص احتكاكية ، (احتكاكي) أو كهربائي أو هيدروليكي .

يتراوح عدد مراحل علبة السرعة من ثلاثة الى أربعة أو خمسة أحيانا .

يتميز النظام الميكانيكي ببساطة التصمم ، وصغر الحجم والكتلة ، وانخفاض الكلفة ، ومردوده كبير نسبيا (٠٫٨٥ ـ ٠٫٩) . غير أنه لا يتمتع بالمنحني المثالي، وخاصية الجر فيه ، خط متقطع شكل (٤٩) . ولا يؤمن الاستفادة الكاملة من استطاعة الديزل العظمى في الحالات المختلفة . وهذا هو المؤشر السلبي الرئيس الذي يميز هذا النظام عن غيره . كما أن قوة الجر تنخفض الى الصفر عند الانتقال بين المراحل المختلفة ، مما يسبب اجهادات عالية لعناصر النظام .

يستخدم هذا النظام في العربات المتحركة ، وقاطرات المناورة ، وفي القاطرات العاملة في المصانع وغيرها .

٢١ـ٢ـ النظام الهيدروليكي :

مبدأ العمل : تصل طاقة الديزل بهذا النظام الى محاور العجلات ، بوساطة سائل (زيت) يدور في حجم مغلق، حيث يعطي الديزل دولاب المضخة الهيدروليكي الطاقة ، لانه مرتبط معه ميكانيكيا ، ويعطي الدولاب السائل الموجود فيه الطاقة بشكل ضغط • ومنه يصل السائل الى الدولاب التوربيني الى دولاب المضخة من من جديد • أي الرابطة الميكانيكية بين الديزل ومحاور العجلات غير قاسية • وبهذا يقوم النظام الهيدروليكي بتحويل مزدوج للطاقة ، تتحول طاقة الديزل الى السائل ومنه تعود الى محاور الحركة بصورتها الميكانيكية •

يتشابه النظام الهيدروليكي مع النظام الكهربائي ، الذين يحول طاقة الديزل الى طاقة كهربائية في المولد الرئيس وتعود الطاقة الكهبائية الىصورتها الميكانيكية بوساطة محركات الحجر الكهربائية ، التي تغذي محاور العجلات •

أي ان حركة الزيت في النظام الهيدروليكي تلعب دور التيار الكهربائي في النظام الكهربائي •

وفي كلتا الحالتين ، تنعدم الوصلة الميكانيكية المباشرة بين عمود الديزل ومحاور القاطرة ، وهذا ما يسهل عمليات التحكم بنسب التحويل بينهم ، حيث يمكن تغيير هذه النسب في مجالات محددةوبشكل انسيابي •

تنقسم النظم الهيدروليكية الى : ستاتيكية (حجمية) ، وديناميكية•

ـ في النظام الستاتيكي : تنتقل الطاقة بزيادة ضغط السائل المستخدم دون زيادة استهلاكية (جريانه)، وتكون دواليب المضخة والحركية مكبسية أو روترية بزعانف • لم تلاق هذه النظم انتشارا على القاطرات بسبب بعض الصعوبات وهي:

ـ المفاقيد الكبيرة في الاحتكاك •

ـ التسرب الزائد للزيت عند الضغوط العالية وغيرها •

يستخدم النظام كجهاز مساعد في تدوير المراوح الرئيسة في نظم التبريد وغيرها .

ـ في النظام الهيدروديناميكي : تستخدم الطاقة الحركية للسائل المدوار . ويتألف النظام من دولاب المضخة ، الذي يعمل على القوة النابذة، ودولاب توربيني وعناصر أخرى . وهذا ما يؤمن امكان تغيير سرعة جريان السائل . وتستخدم بعض من هذه النظم علبة سرعة معينة، بغرض نقل الطاقة جزئيا أو كليا .

تتميز النظم الهيدروليكية عموما بعدة خواص ايجابية ، وهي صغر أبعادها، وكتلتها ، وكلفتها المنسوبة الى وحدة الاستطاعة ، وعدم حاجتها الى المعادن الثمينة كالنحاس مثلا وغيره .

لكن مردود هذا النظم منخفض نسبيا ، ويرافقها زيادة في استهلاك الوقود بمقدار ٥٪ تقريبا .

عناصر النظام الهيدروليكي :

يظهر على الشكل (٥٠) مبدأ عمل النظام الهيدروليكي، حيث يتلقى الدولاب المركزي H (المضخة) الطاقة من الديزل بالمحور ١ ، ويسحب السائل من الانبوب ٤ ويدفعه بالانبوب O الى الدولاب التوربيني القطري T المركب على المحور ٢ . ومن الدولاب الاخير يعود الزيت الى الأنبوب ٤.

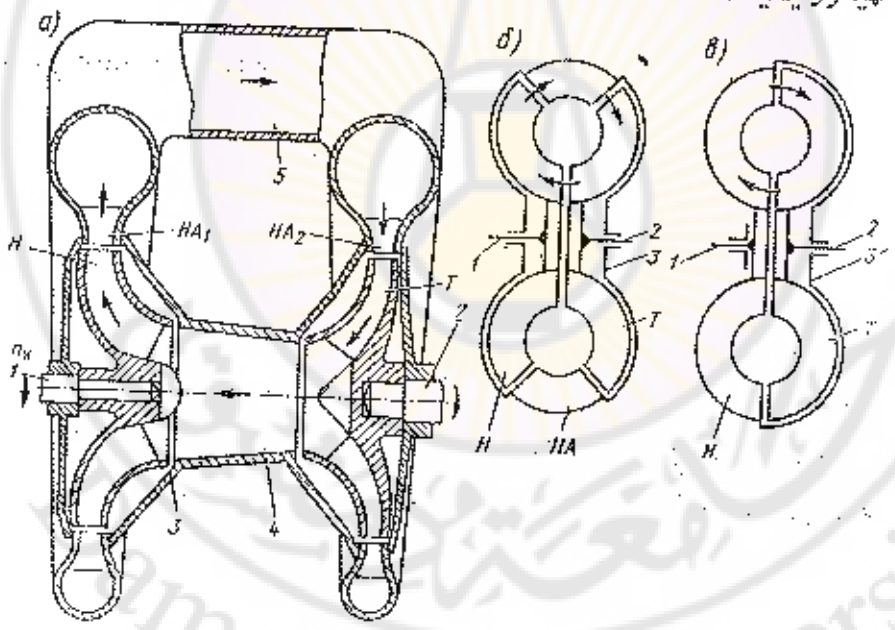
يفقد الزيت عند جريانه في الدارة المغلقة ٤ ـ H - O - T ، ٤ . جزءا من طاقته على الاحتكاك ، ويتعلق ذلك بسرعة الجريان وطول الانبوب ونوعية سطوح الجريان ، اضافة لذلك يفقد جزءا من الطاقة عند تغيير اتجاه الحركة وسرعتها .

لهذا يعمد الى زيادة المقاطع العرضية في المجاري ٤،٥ لتخفيض السرعة فيها . ويضاف الموجه والموجه HA_1 في الهيكل ٣ . مما أدى الى ازدياد المردود بشكل

غير أن زيادة سرعة الجريان في الموجه HA_2 ، تعد ضرورية للحصول على طاقة حركية اضافية للسائل .

وبما أن مردود العناصر الهيدروليكية منخفض نسبيا ، فقد جُمع دولاب المضخة ودولاب التوربين في هيكل واحد لا يحتوي على المجاري السابقة بمختلف أشكالها ، وبهذا تم التخلص من ظاهرة الاحتكاك ومفاقيدها ومن المفاقيد الاخرى كذلك تظهر على الشكل ٤٥b دارة جريان السائل في الفراغ المحصور بين زعانف الدولاب H و T والموجه HA في الهيكل ٣ ، مما أدى الى ازديادا المردود بشكل ملحوظ . ويمكن الاستغنا عن الموجه (الدليل) في دارة الجريان شكل ٤٥ v وعندئذ نحصل على تصميم على تصميم مبسط مؤلف من دولابين فقط .

على هذا الاساس يستخدم النظام الهيدروديناميكي نوعين من العناصر الهيدروليكية :



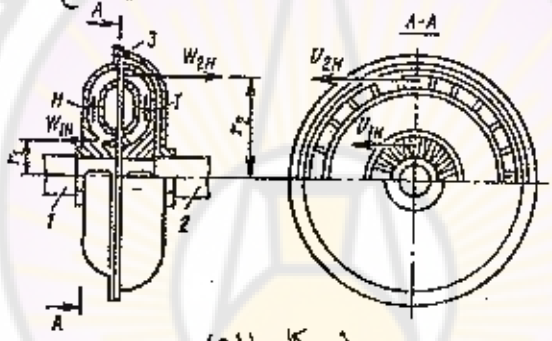
شكل (٥٠)

ـ المحولات الهيدروليكية ذات الموجه الثابت والدواليب المتحركة .
ـ القارنة (الناقلة) الهيدروليكية ، التي ينعدم فيها الموجه .

القارنة الهيدروليكية : يظهر مخطط هذه القارنة على الشكل ٥١ ، تتألف من ثلاثة أجزاء رئيسة ، دولاب المضخة H ، المركب على المحورر القائد ١ ، دولاب التوربين T المركب على المحور المقاد ٢ ، يتألف كل دولاب من هيكل خارجي ونواة داخلية منصلتين بالزعانف القطرية ، يمنع الغلاف الخارجي ٣ تسرب الزيت ،ويركب على دولار المضخة ويدور معه في أثناء العمل .

تتألف دارة جريان الزيت المغلقة في القارنة من قنوات قصيرة محصوررة بين زعانف الدولابين ، وتملأ بالزيت ، الذي يقوم بحركة معقدة بين الزعانف ، ويمكن توضيحها اذا تتبعنا حركة جزئية بسيطة من السائل فيدارته .

عندما تدخل الجزيئة الى الدولاب H (قطر r_1)تتحرك بالاتجاه القطري تحت تأثير القوة النابذة وفي الوقت نفسه تدور الجزيئة مع الدولاب بسرعة دائرية



شـكل (٥١)

تساوي :

$$U_{1H} = \frac{\pi \cdot n_H \cdot r_1}{30}$$

حيث n_H ــ عدد دوران الدولاب H في الدقيقة .

وعندما تتحرك الجزيئة من مدخل الزعانف r_1 الى المخرج r_2 تحاول بقوة العطالة المحافظة على السرعة الدائرية (المماسية) في وضعها الجديد ، لكن سرعة زعانف الدولاب U_{2H} كبيرة جدا .

$$U_{2H} = \frac{\pi \cdot n_H \cdot r_2}{30}$$

وكأن الدولاب بذلك يجرف الجزيئة ويضغط بزعانفه عليها • وتتلقى الجزيئة طاقة ترفع من تسارعها ، وتجعلها تجري بسرعة الزعانف ذاتها ، وتخضع كل جزيئات السائل لنفس التأثير تماما أي أن الدولاب H يقدم الطاقة الحركية للسائل • ويتحرك السائل في قنوات دولاب التوربين T بصورة معاكسة من المحيط الى المركز • وبحركة السائل الى المركز يفقد سرعته الدائرية ويضغط على زعانف الدولاب T ويعطيه الطاقة اللازمة لدورانه •

تتم الحركة في الدارة المغلقة ، بشرط وجود انزلاق او فرق بين دوران كل من دولاب المضخة H ودولاب التوربين T • في هذه الحالة فقط تستطيع القوى النابذة للسائل في زعانف الدولاب H التغلب على القوى النابذة للزيت في قنوات الدولاب T اضافة الى قوى مقاومة جريان الزيت •

ـ انزلاق القارنة : S

يساوي نسبة الفرق بين عدد دوران الدولابين ، n_H ، n_T على عدد دورات الدولاب H• •

$$S = \frac{n_H - n_H}{n_H} = 1 - \frac{n_H}{n_H} = 1 - 2$$

حيث أن i نسبة التحويل •

$$i = \frac{n_T}{n_k}$$

طالما أن الاستطاعة في القارنة تعطي من دولاب المضخة H الى دولاب التوربين T بوساطة الزيت فان العزم على المحور المقاد يساوي العزم على المحور القائد •

$$M_T = M_H$$

ونظرا لوجود الانزلاق بين دواليب القارنة (تأخر المحور المقود) ، فان الاستطاعة الواردة الى القارنة (المحور القائد) هي دائما اكبر من الاستطاعة الحاصلة على المحور المقادة .

ويساوي مردود القارنة ما يلي:

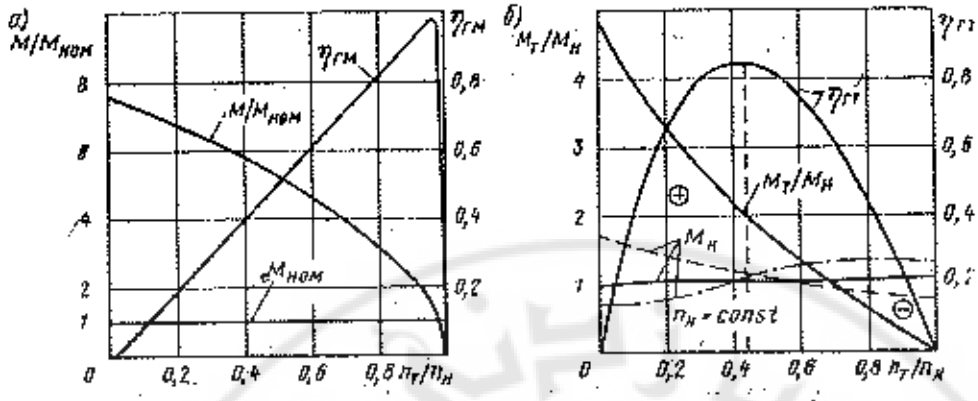
$$\eta_H = \frac{N_T}{N_H} = \frac{M_T \cdot n_T}{M_H \cdot n_H} = \frac{n_T}{n_H} = \perp \; ; \; \text{ز} -$$

ومنها نرى ، أن مردود القارنة يزداد بزيادة دوران المحور المقاد n_T (عند ثبات n_H) .

— خواص القارنة : (العلاقة بين مردودها والنسبة i) تظهر على الشكل ٥٢ بشكل خط مستقيم ، يمر نظريا من النقطة ($L = 1$ ، $n = \perp$) لكن عمل القارنة عندما تكون $S = 0$ ، $n_T = n_H$ غير ممكن كما ذكرنا .

وبسبب زيادة الضغط المعاكس الحاصل في التوربين ، وزيادة المفاقيد خلال نظام العمل المطابق . ينخفض المردود والعزم في القارنة بشكل حاد . (في المجال المحصور بين $i \geqslant 0,97 = 0,98$ ، عندما تكون $i = 1,0$ يصبح المردود مساويا للصفر (القارنة لا تنقل العزم) . ومن خواص القارنة أيضا ، علاقة العزم بنسبة التحويل i ، يظهر من الشكل السابق أن العزم يزداد بزيادة الانزلاق S (انخفاض قيمة i) عندما تكون n_H ثابتة .

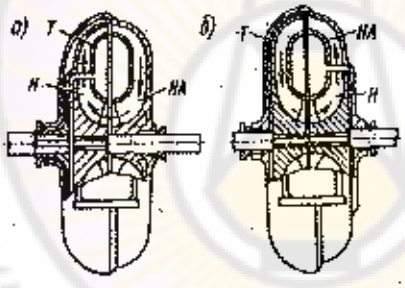
على هذا الاساس تتمتع القارنة بقدرتها على تخفيف الحمولات ، والاهتزازات الحاصلة في نظام النقل بكامله .



شـــكل (٥٢)

وتستطيع القارنة تأمين اقلاع الديزل ، في حالة سكون المحور المقاد • ويبلغ مردود القارنة في نظام الدوران الاسمي للمحور القائد (٠٫٩٦ ــ ٠٫٩٧) •

المحول الهيدروليكي : شكل (٥٣) •



شـــكل (٥٣)

يتألف المحول الهيدروليكي : من الدولابين H و T والعنصـــر الثابت الذي يسمى الموجه (الدليل) المؤلف من زعانف أيضا • يغير الموجه اتجاه حركة الزيت، ويثبت زاوية دخوله الى زعانف دولاب المضخة H ، أي أن شروط عمـــل زعانف الموجه لا تتغير بتغيير نظام عمل دولاب التوربين T • وهذا ما يسمح بتحويل العزم من قبل المحول نفسه طالما ان العزم على كل محور يتناســـب طردا مـــع الاستطاعة

وعكسا مع عدد الدوران فان عزم دولاب التوربين يجب ان يـزداد عندما تثبت استطاعته وينخفض عدد دورانه والعكس بالعكس .

يثبت الموجه في دارة جريان الزيت أمام دولاب المضخة H شكل ٥٣a أو أمام دولاب التوربين ٥٣b . ويسمى المحول نوعا أول في الحالة الاولى ونوعا ثانيا في الحالة الثانية . ويمكن لدولاب التوربين الاول الدوران باتجاه دوران الدولاب H فقط ، ويستطيع الدوران في أي اتجاه في الحالة الثانية (النوع الثاني) تبعا لوضع زعانف الموجه . ولا تختلف مهمة الموجه في كلتا الحالتين .

يتحول الضغط الستاتيكي الى طاقة حركية بتغيير سرعة تيار الزيت واتجاهه على الزعانف الثابتة للموجه . وبما أن الموجه يتلقى ردود أفعال القوى (القـوى العكسية)، فعندما يتغير نظام عمل دولاب التوربين يؤثر عليه عزم متغير بالقيمـة والاتجاه يتلقاه الهيكل الثابت ، وتتبع اشارة العزم اتجاه حركة السائل على زعانف الموجه ويساوي عزم دولاب التوربين :

$$M_T = M_H \pm M_{HA}$$

وذلك انطلاقا من قانون التوازن .

تظهر على الشكل ٥٣ b السابق مجالات نسب التحويل التي يكون فيها العزم على الموجه موجبا أو سالبا .

اذا كان الموجه أمام مدخل الدولاب T ، فانه يضيف الى العزم نسبة اكبـر بالمقارنة مع عزم المحور القائد . واذا كان الموجه أمام الـدولاب H فان العـزم العكسي (على الموجه) ينضم الى العزم الحاصل في انسائل في الدولاب H ويؤدي أيضا الى زيادة العزم على الدولاب T ، وهكذا يتحول عزم وعدد دوران الدولاب T مع ثبات عزم وعدد دوران المحور القائد H .

تسمى نسبة العزوم معامل تحويل العزم K ويساوي :

$$K = \frac{M_T}{M_H}$$

يساوي المعامل K قيمة لا نهائية نظريا عندما يكون الدولاب T ساكنا • ولكن المفاقيد تكون كبيرة في هذه الحالة ، لهذا يأخذ للمعامل K قيمة محدودة •

$$n_T = 0 \longrightarrow n = 4 \div 5$$

عندما تزداد قيمة n_T ، تنخفض قيمة المعامل K للعلاقة ، شكل ٥٢ b . وهكذا يستخدم المحول الهيدروليكي ليس فقط لنقل وتحويل الاستطاعة بين المحاور ، انما لتغيير اتجاه العزم على المحور المقاد تبعا لعدد دورانه (عند ثبات استطاعة الديزل ودورانه) تتطابق هذه الصفة مع متطلبات خاصية الجر في القاطرة .

ويساوي مردود المحول الهيدروليكي نسبة استطاعة الدولاب التوربيني على استطاعة دولاب المضخة كما في القارنة الهيدروليكية •

$$\eta = \frac{N_T}{N_H} = \frac{M_T \cdot n_T}{M_H \cdot n_H} = K \cdot i ;$$

وتتغير نسبة التحويل في المحول من الصفر الى الواحد ، ويصبح المردود أعظميا خلال قيمة وحيدة لـ $i_p = \frac{n_T}{n_H}$ وتسمى القيمة الحسابية ، (انظر الشكل ٥٣ b) •

يجري الزيت في دارته القصيرة في نظام العمل هذا، بشكل سلس ودون حدوث ضربات وبأقل المفاقيد •

وعندما نبتعد عن النظام الحسابي هذا في كلا الاتجاهين ، تظهر الضربات الهيدروليكية وذلك عند الانتقال من دولاب الى آخر • وكلما زاد الابتعاد زادت المفاقيد الحاصلة عن هذه الضربات ، وقل المردود •

تحدد جودة المحول من شكل منحني المردود بالنسبة لنسبة التحويل i وكلما كانت المنطقة المجاورة للنقطة الحسابية أكبر كلما كان المحول أكثر تطورا (شكل ٥٢ b) . اذا كان عزم دولاب المضخة H في المحول لا يتأثر بعزم الدولاب T وعدد دورانه فان الحمولة الخارجية المتغيرة لا تؤثر في حمولة الديزل . ويبقى العزم M_H ثابتا عمليا في كل المجالات التي يتغير فيها العزم M_T . وتسمى هذه الصفة (العدام الشفافية) ويسمى المحول عندئذ بهذه الصفة . شكل (٥٣)b ـ الخط المستقيم .

المحول الشفاف هو المحول الذي يتغير العزم M_H فيه عندما يتغير n_T (شكل ٥٣b ـ الخط المتقطع).

وتعد المحولات الهيدروليكية المستخدمة في قاطرات الديزل ذات شفافية معينة ضرورية لكي تتوافق خواص الديزل مع خواص النظام الهيدروليكي .

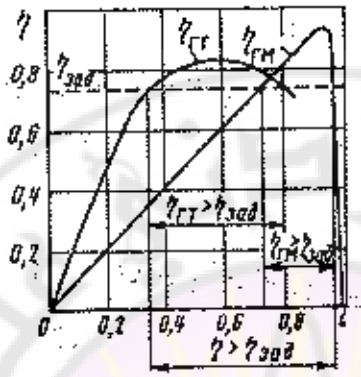
بنية النظم الهيدروليكية :

ان العناصر الهيدروليكية (المحول ، القارنة) لا تستطيع بمفردها تأمين مجالا اقتصاديا مناسبا للعمل . وكلاهما لا يصلح بمفرده لتشكيل نظام متكامل لنقل الطاقة الى العجلات ، ويؤدي استخدام عنصران منهما مع بعض الى زيادة المجال الاقتصادي المناسب للعمل وزيادة المردود ايضا .

يبين الشكل ٥٤ انه باستخدام محول وقارنة هيدروليكية معاً يصبح مجال نسب التحويل أكبر من السابق ويصبح المردود أكبر ايضا عندما يستخدم كل منهما على حدة . تتألف النظم الهيدروليكية على القاطرة من عدة عناصر لا تقل عن ثلاثة تتوزع على الشكل التالي :محولان + قارنة ، محول + قارنتان ، ثلاثةمحولات.

عندما نستخدم محولين ، يحسب أحدهما على العمل في حالة الاقلاع وحالات السرعة البطيئة ، حيث يتطلب الامر زيادة في عملية تحويل العزم ويستخدم المحول الآخر عند السرعات المتوسطة والعالية .

تستخدم بعض النظم محولات عديدة المراحل لحالات الاقلاع وتتألف من دولابين تورمينين أو أكثر وعدة موجهات ، ويتولد العزم في هذه المحولات على دواليب التوربين بالتساوي فيما بينها .



شكل (٥٤)

تتسم مراحل المحول على نسبة تحويل منخفضة $i = 0,3 \div 0,45$ وتتميز بارتفاع معامل التحويل ـ عندما تكون $i = 0$.

يظهر على الشكل (٥٥) مخطط عام لنظام هيدروليكي (لقاطرة استطاعتها ٨٨٠ ك واط) مؤلف من محولين وقارنة وتوابعها .

ويظهر على الشكل (٥٦) مخطط ثانٍ لنظام اخر مؤلف من قارنة واحدة ومحولين .

ـ السوائل المستخدمة في النظم الهيدروليكية :

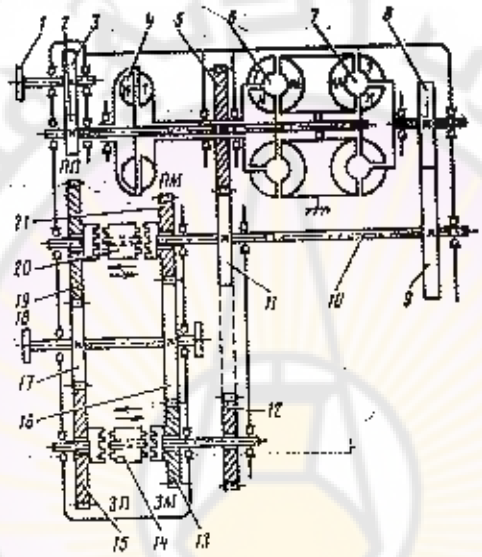
يمكن استخدام الماء والزيت نظريا في هذه النظم ، حيث يستخدم الماء في النظم الثابتة الضخمة ، أما في حالة وسائط النقل (القاطرات وغيرها). يعد الزيت أفضل السوائل استخداما . رغم أنه يتطلب زيادة في أبعاد النظام الضروري بسبب كثافته المنخفضة . يتمتع الزيت بالخواص الايجابية التالية :

١ ـ يؤمن الزيت تزييت الاجزاء المتحركة (عند استخدام الماء نحتاج الى نظام تزييت).

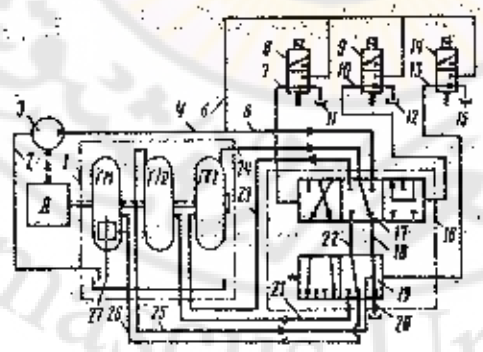
٢ ــ درجةحرارة تبخر الزيت أعلى مما هي عليه في الماء .

لكن بما أن السعة الحرارية للزيت أصغر من السعة الحرارية للماء بمرتين ، تتولد ضرورة ايجاد نظام تبريد خارجي للزيت المستخدم .

تستخدم في القاطرات عادة ، زيوت معدنية ، تحتوي على اضافـات مضادة للاكسدة وغيرها بغية تحسين مواصفاتها الكيميائية والاستثمارية .



شكل (٥٥)



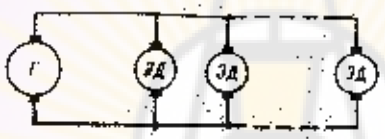
شكل (٥٦)

$$n = \frac{u - I_r \cdot R_r}{C \cdot \phi}$$

٣ـ٣ـ النظام الكهربائي لنقل استطاعة الديزل :

تستخدم ثلاثة أنواع من النظم الكهربائية على القاطرات وهي :

ـ النظام الكهربائي ذو التيار المستمر شكل (٥٧) ويتألف من آلات كهربائية تعمل بالتيار المستمر وهي :

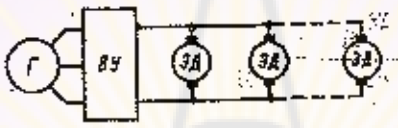


شكل (٥٧)

المولد الرئيس R والمحركات الكهربائية (محركات الجر)ED ، يتميز هذا النظام ببساطته ولا يتطلب عناصر اضافية بين الآلات الكهربائية ، وله مردود كبير ، ويمكن التحكم بعمله بشكل جيد، غير انه بزيادة استطاعة الديزل تنخفض جودة عمل المولد الرئيس ، ولهذا يفضل استخدام هذا النظام عندما تكون استطاعة الديزل أقل من ٢٢٠٠ كيلوواط .

ـ النظام الكهربائي المختلط ، العامل بالتيار المتناوب ـ المستمر : شكل(٥٨) ويتألف من منوبة كهربائية r متوافقة تعمل بالتيار المتناوب ، ومحركات جر كهربائية ED تعمل بالتيار المستمر ، ويحتوي على صندوق تقويم التيار المتناوب بين المنوبة والمحركات By . مما يؤدي الى انخفاض المردود العام . غير أن جودة عمل المنوبة تعوض هذا الانخفاض الناتج عن صندوق تقويم التيار . يستخدم هذا النظام عندما . تكون الاستطاعة محصورة بين ١٥٠٠ ـ ٤٤٠٠ ك٠ واط .

وبارتفاع استطاعة الديزل ، يصبح عمل المحركات الكهربائية العاملة بالتيار المستمر قاصراً عن تلبية الحاجة الضرورية . لهذا يستخدم النظام الكهربائي العامل بالتيار المتناوب .

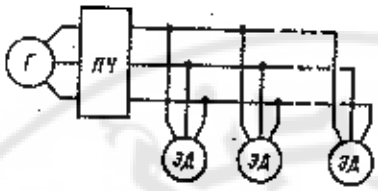


شكل (٥٨)

يظهر على الشكل (٥٩) مخطط ربط الالات الكهربائية العاملة بالتيار المتناوب وحتى تعمل هذه الالات الكهربائية (المحركات) بشكل طبيعي ، يجب التحكم بجهد وتوتر التيار المتناوب في آن واحد . ولهذا الغرض يوضع ما بين المنوبة والمحركات ، منظم التوتر . يستخدم هذا النظام ، عندما تزداد الاستطاعة على ٤٤٠٠ ك٠واط . عندما يكون دوران الديزل ثابتا وحركة القاطرة مستقرة ، يرتبط عدد دوران المنوبة n بالجهد الكهربائي U على أقطابها ، وبالتدفق المغناطيسي ϕ ولا يتأثر بعدد دوران الديزل .

حيث I_r ، R_r ـ شدة التيار والمقاومة في دارة قلب المولد (الروتر)، c_e ـ ثابت

وتستخدم تجهيزات اضافية خاصة للتحكم بعمل المنوبة وتنظيمه وكذلك بعمل المحركات الكهربائية ، بحيث نستطيع الاستفادة من كامل الاستطاعة .



شـكل (٥٩)

تنظيم عمـل المنوبـة :

تساوي استطاعة الديزل كما يلي :

$$N_e = \frac{N_R}{\eta_R} + N_B$$

حيث N_R ، η_R ـ استطاعة المنوبة ومردودها .

N_B ـ الاستطاعة المستهلكة علـى التجهيـزات المساعدة على الديـزل (المضخات ، مراوح التبريد وغيرها).

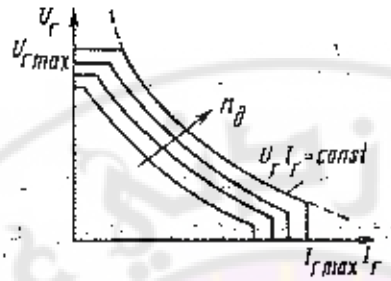
وعندما يكون دوران الديزل ثابتا، تعتبر N_B ، η_R ثابتة أيضا عندئذ يكون

$$N_R = (N_e - N_B)\,\eta_R = U_R \cdot I_R = \text{Coust}$$

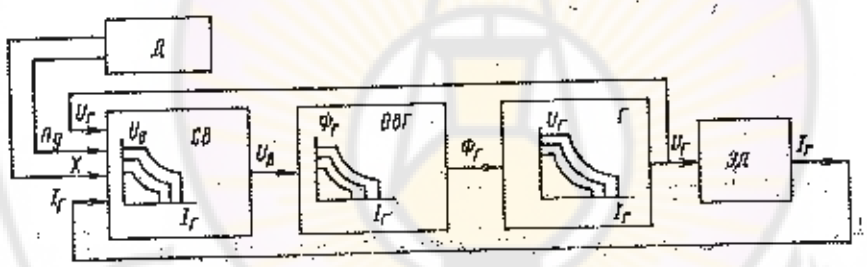
وهذه تسمى الخاصية الخارجية للمنوبة ، شكل (٦٠) ، التي يحددها الجهد الاعظمي $U_{R\,max}$ ، والتيار الاعظمي $I_{R\,max}$

ومن المعلوم أن كل المولدات الرئيسة العاملة بالتيار المستمر (ذات التحريض

المستقل ، والمتفرع ، والمتسلسل والمختلط) لا تتمتع بمزايا هذه الخاصية الخارجية. وحتى الخاصية الفعلية للمنوبة تختلف بعض الشيء عن الخاصية (النظرية) التي ذكرنا .



شـكل (٦٠)



شـكل (٦١)

لهذا السبب ، تستخدم المولدات محرض خاص CB شكل (٦١) ، تصله اشارات عن الجهد U_R والتيار I_R في المنوبة R .

يصل جهد المحرض U_B إلى وشيعة تحريض المنوبة OBR . ويحدث التغيير اللازم في التدفق المغناطيسي ϕ_R وفي جهد المنوبة U_R .

خلال عمل القاطرة ، لا تلزمها دائما الاستطاعة الكاملة للديزل (قطار محدود الكتلة ، طريق منحدر وغيره) • في هذه الحالات يمكن تخفيض استطاعة الديزل بتغيير عدد دورانه n_D ، حيث أن لكل قيمة لـ n_D استطاعة معينة ، يكون فيهـا المردود أعظمي •

ولهذا يجب على دارة تحريض المنوبة ، المحافظـة على استقرار استطاعتها (عند الحمولة الجزئية) المطابقة لنظام العمل الاقتصادي للديزل شكل (٦٠)ويحدث التغيير في استطاعة المنوبة ، عندما يتغـير دوران الديـزل n_D واستطاعتـه • بورود اشارة عن n_D الى المحرض ، وتحصل بالنتيجة على مجموعة منحنيـات شكل (٦٠) على مخرج المحرض أو على مخرج المنوبة نفسها •

هذا اذا كانت استطاعة المنوبة مستقرة ومساوية استطاعة الديزل . لكـن في الواقع ، تتغير استطاعة الديزل والمنوبة ، حتى عند بقاء دوران الديزل ثابتا ، لان استطاعة الديزل ترتبط بالشروط الجوية (حرارة الهوا ءوضغطه)•

اضافة لذلك ، ان الاستطاعة المستهلكة في التجهيزات المساعدة في القاطـرة يمكن أن تتغير • وتغير قيمة الاستطاعة الواردة الى المنوبةوالتي تسمى الاستطاعة الخالصة • وتتغير استطاعة المنوبة طبقا لدرجة حرارة وشـيعة التحريض OBR وغيرها • لهذه الاسباب ، يجب ادخال اشارة اخرى الى المحرض CB ، X تتناسب مع الاستطاعة الخالصة للديزل •

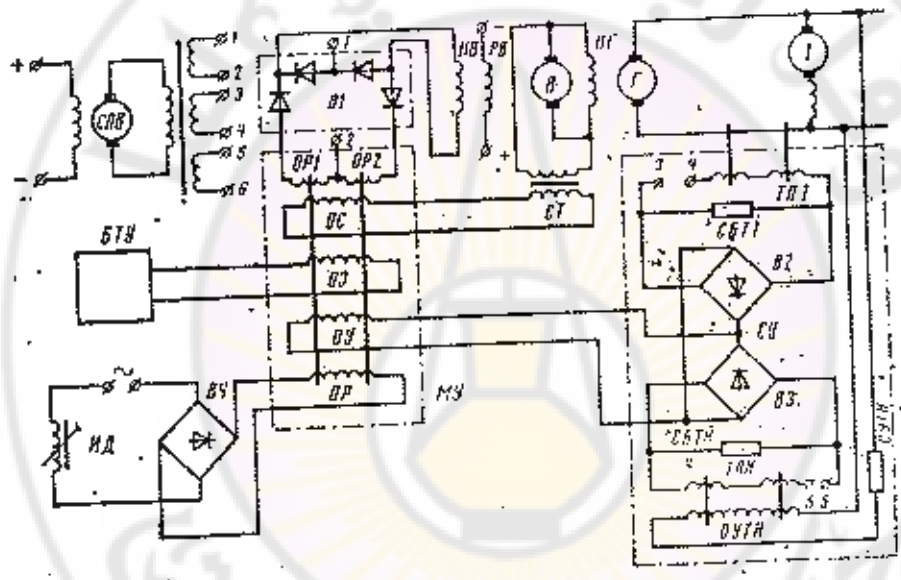
ويقوم المحرض من جهته بمعالجة الاشارات المختلفة الواردة اليه ويؤمن الدعم المستمر لتحقيق العلاقة السابقة :

$$N_e = \frac{N_R}{\eta_R} + N_B$$

أي ان المحرض وتوابعه هو الذي يقوم بالتحكم في عمل المنوبة وتنظيمه . وتصنع المحرضات على مبدأين اساسيين إما باختيار تصميم مناسب للحقول المغناطيسية ومخطط التحريض ، أو باختيار مؤشرات وعوامل مخطط الربط بين التجهيزات المختلفة .

تحريض المولد الرئيس :

يظهر على الشكل (٦٢) وشيعة تحريض المولد HR والتي يغذيها المحرض B بالتيار المستمر .



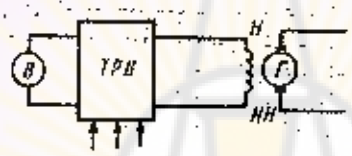
شكل (٦٢)

والمحرض مولد يعمل بالتيار المستمر ، تتوضع على أقطابه الرئيسة وشيعتان Bd ، BH ، ترتبط الاولى بالمقوي المغناطيسي وترتبط الثانية بالمولد المساعد، وبحيث تتجه القوى المغناطيسية في الوشيعتين باتجاهين متعاكسين .

يتألف المقوي المغناطيسي My من وشيعتين عاملتين OP_1 ، OP_2 وأربع

وشائع للتنظيم oy ، oz ، op تتلقى الاشارات المختلفة من اجزاء النظام الكهربائي وتعالجها وتصدر الاوامر المناسبة .

يظهر على الشكل (٦٣) مخطط تحريض من نوع آخر يعتمد على التريستورات المختلفة . ويتألف من محرض (مولد متواقت) ترتبط وشائع التحريض H ، HH فيه من خلال منظم جانبي آخر TPB يتلقى الاشارات عن تيار المولد الرئيس وعن عدد دوران الديزل واستطاعته ، ويعطي بالنتيجة الخواص الضرورية للمولد الرئيس .



شكل (٦٣)

تنظيم حمل المحركات الكهربائية :

يساوي عدد دوران المحركات الكهربائية العاملة بالتيار المستمر كما يلي:

$$n_d = \frac{U_d - I_r \; R_r}{C_e \, . \, \phi}$$

حيث U_d جهد المحرك .

I_r ، R_r ـ التيار المار في قلب المحرك (الروتر) ومقاومته .

ϕ ـ التدفق المغناطيسي .

C_e ـ ثابت المحرك .

نرى في هذه العلاقة أنه يمكن تغيير دوران المحرك بتغيير الجهد ، أو التدفق المغناطيسي أو المقاومة ، وتستخدم عمليا طريقة الجهد والتدفق المغناطيسي فقط .

ـ طرائق تنظيم الجهد : يمكن تغيير جهد المحرك ، بتغيير التدفق المغناطيسي في المولد الرئيس أو استبدال مخططربط المحركات نفسها. عندما ترتبط المحركات على التسلسل ، يتلقى كل منها جهدا مساويا U_d .

$$U_d = \frac{U_R}{m}$$

U_R ـ جهد المولد الرئيس .

U_d ـ جهد المحرك الكهربائي .

m ـ عدد المحركات .

فاذا انتقلنا الى الربط المختلف ، (مثلا اذا كان لدينا ٤ اربعة محركات يمكن ربطها بثلاث مخططات مختلفة وهي) :

ـ الربط المتسلسل ـ الربط المتوازي (المتفرع) ـ الربط المختلط (مجموعتان) متوازيتان في كل مجموعة يوجد محركان .

اذا كان عدد المحركات ستة يمكن ربطها بأربعة مخططات مختلفة وهكذا .

ـ طرق تنظيم التدفق المغناطيسي :

عند استخدام التحريض التسلسلي في المحركات ، يتغير التدفق المغناطيسي

بتغير تيار القلب الدوار (الروتر) . وهذا يقود عمليا الى التنظيم الذاتي ، لهذا يستخدم هذا التحريض كثيرا في المحركات .

وتستخدم طرائق تخفيض التدفق المغناطيسي (بتخفيض تيار التحريض) في المحركات كثيرا وتحسب درجة التخفيض كما يلي :

$$\alpha = \frac{F_o}{F_n}$$

حيث F_o ـ القوة المغناطيسية لوشيعة التحريض بعد التخفيض .

F_n ـ القوة المغناطيسية لوشيعة التحريض الكاملة (تحريضا كاملا).

وتحدد درجة تخفيض التدفق المغناطيسي من جودة عمل المجمع النحاسي على المحرك . ويتم تنظيم التدفق المغناطيسي بفضل استخدام عدد من مفات وشائع التحريض أو بربط مقاومات كهربائية اضافية على التفرع (التوازي) مع وشيعة التحريض ، لكن الطريقة الاول أكثر تعقيدا والثانية أكثر استخداما .

$$\alpha = \frac{F_o}{F_n} = \frac{W \cdot I_B}{W \cdot I_r} = \frac{I_B}{I_r}$$

حيث W ـ عدد لفات وشيعة التحريض .

I_r ـ تيار الروتر .

I_B ـ تيار التحريض .

w — عدد لفات وشيعة التحريض .

او

$$\alpha = \frac{R_h}{R_h + R_B}$$

حيث أن :

R_h — المقاومة الاضافية الموازية (المتفرعة).

R_B — مقاومة وشيعة التحريض الاساسية .

جامعة دمشق Damascus University

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الفصل الخامس

الآلات الكهربائية والمدخرات

الآلات الكهربائية المستخدمة على القاطرات :

وهي المولدات الرئيسة ، محركات الجر الكهربائية ، المولدات المساعـدة ، المولد ـ المقلع ، المحرضات ومحركات كهربائية اضافية أخرى تستخدم لتشغيـل المضخات والضواغط والمراوح وغيرها • تعد المولدات الرئيسة ومحركات الجـر الآلات الكهربائية الرئيسة وتعد الآلات الاخرى مساعدة •

تختلف الالات الكهربائية في القاطرات عن الالات الكهربائية العادية بتصميمها وخواصها ونظام عملها ، وتعطي استطاعة نسبية كبيرة (نسبة لوحدة الكتلة ووحدة الحجم) ، وتعمل بشكل جيد وموثوق في ظروف الاهتزازات العالية والحمولات الميكانيكية المختلفة ، وتستمر في مختلف الظروف المناخية (درجة الحرارة مـن ـ٥٠ الى +٥٠م) • تتميز هذه الالات بالمتانة الكافية والجودة الوثوقية وتتحمل اجهادات استثنائية مرتفعة لبعض الوقت •

وتحتاج هذه الالات الى تبريد هوائي مكثف وتحتوي على وشائع متعددة المسارات وتتحمل الطبقات العازلة فيها الحرارة العالية والرطوبة وتأثير الهواء الملوث وغيرها • تغمس الوشائع بعد تركيبها في حوض من الصمغ الخاص لزيادة مقاومتها للظروف المختلفة •

تصنع مجمعات الآلات الكهربائية العاملة بالتيار المستمر من صفائح نحاسية مضافا اليها الكادميوم والفضة ، وتتحمل قساوة عالية تصل الى ١٠٠ وحدة HB تعلق الفحمات بشكل جيد لمنع انجرافها أثناء الدوران وحتى لا تصطدم بالمجمعات

في أثناء التأثيرات الدينامية القوية، وبخاصة في محكات الجر • وتضغط على المجمعات باستمرار وبقوة مناسبة •

تبرد الالات الكهربائية بطرائق متعددة • منها الطريقة الذاتية (الالات الصغيرة)• أو بتيار هوائي صادر عن مروحة مركبة على روتر هذه الالات ، أو عن مروحة منفصلة عن هيكل هذه الالات •

٢ ـ المولدات الرئيسة :

١ ـ المولدات الرئيسة : تحول طاقة الديزل الى طاقة كهربائية ، وتمد المحركات الكهربائية بها مباشرة أو من خلال علب تقويم التيار• وتستخدم المولدات الرئيسية العاملة بالتيار المستمر في عملية اقلاع الديزل ، حيث تعمل حينئذ كمحرك كهربائي يستمد الطاقة الكهربائية من المدخرات •

أهم خواص ومواصفات المولد الرئيس هي :

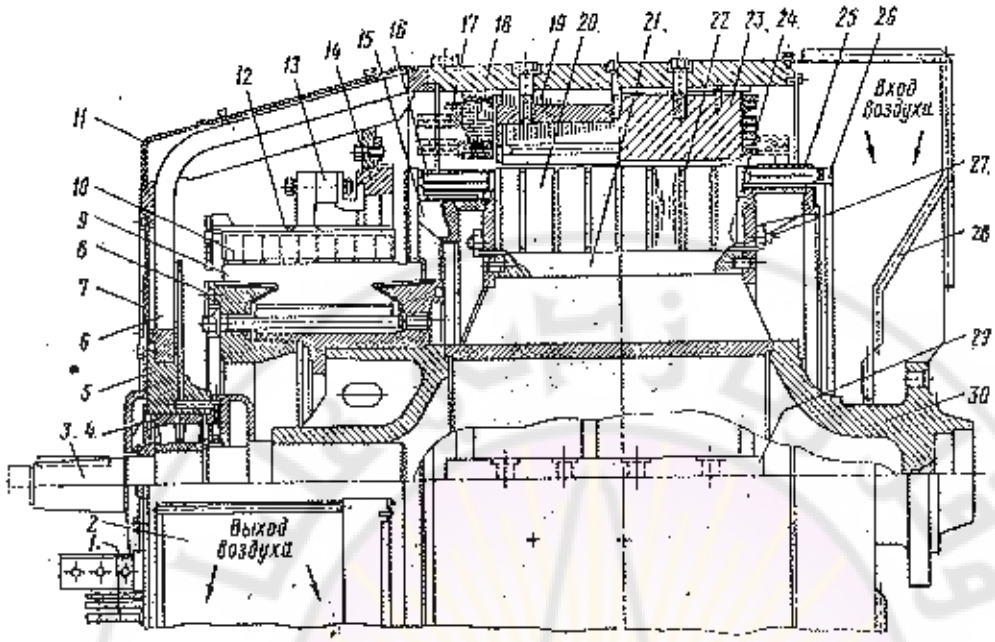
ـ الاستطاعة الاسمية ـ نوع التيار ، الابعاد الهندسية ـ نظام التبريد وغيرها •

أ ـ ١ ـ المولد الرئيس العامل بالتيار المستمر : يظهر على الشكل (٦٤) •

وهو آلة كهربائية مؤلفة من عشرة أقطاب ، ودارة تحريض مستقلة ، وتبريد مستقل . تتكون من روتر ، نظام مغناطيسي ، غطاء أمامي يحتوي على مدرجة ، فحمات وتوابعها أغطية حماية قابلة للفك والتركيب ، ومجرى لتيار الهواء المبرد•

يتألف الروتر ٢١ من جسم مضلع ملحوم ،له محور برأس مخروطي من الامام ٣ • ومربط ٣٠ في الطرف الاخر لوصله بعمود الديزل •

يستند الروتر من الامام على مدرجة كروية ٤ ويستند من الخلف الى عمود الديزل بوساطة قارنة •



شكل (٦٤)

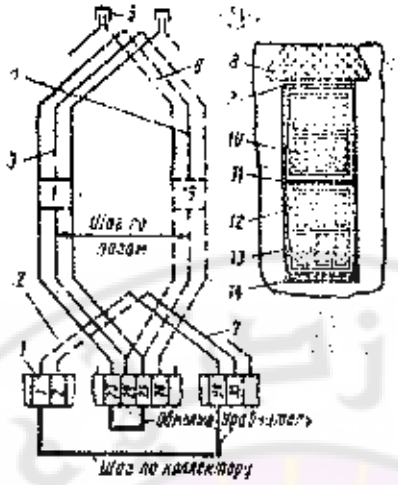
تنفصل صفائح الروتر ٢٠ عن بعضها ، وتؤلف قنوات قطرية يجري فيها هواء التبريد ٢٢ وتثبت على اضلاع الجسم ٢١ .

يتألف المجمع من صفائح نحاسية ٩ ، معزول بعضها عن بعض ، وعن الجسم ، بصفائح عازلة ١٥ تمنع حدوث دارات كهربائية قصيرة .

تتصل الفروع الفردية لوشيعة الروتر ١٦ (ثنائية المسار) مع الصفائح النحاسية الفردية (١ــ٣) (٣ــ٥) (٥ــ٧) وتتصل الفروع الزوجية مع الصفائح الزوجية (٢ــ٤) (٤ــ٦) (٦ــ٤) في المجمع .

يظهر على الشكل (٦٥) مخطط الوشيعة وتوضعها وكيفية تثبيتها في أخاديد الروتر .

وتغطس الوشيعة بالضمغ العازل الخاص وتجفف ، بعد أن توضع في مكانها . وتثبت أجزاؤها الطرفية الجانبية بحاضن زجاجي ٢٥ .

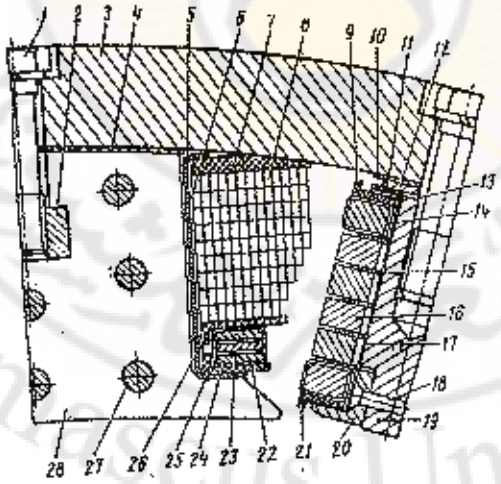


شـــكل (٦٥)

يوازن روتر المولد ديناميا ، باضافة الاثقال ٨ في أخاديد مخروط المجمـع ، وعلى حلقة الضغط الخلفية للروتر .

يتألف نظام المغناطيس من جسم ناقل للمغناطيس ١٨ ، أقطـاب رئيســة ١٩ واضافية ٢٣ ، وصلات بين الوشائع ١٧ . ونهايات الوشائع . يصنع الجسم مـن صفائح فولاذية سميكة .

يظهر على الشكل (٦٦) بنية الاقطاب الرئيسة والاضافية .



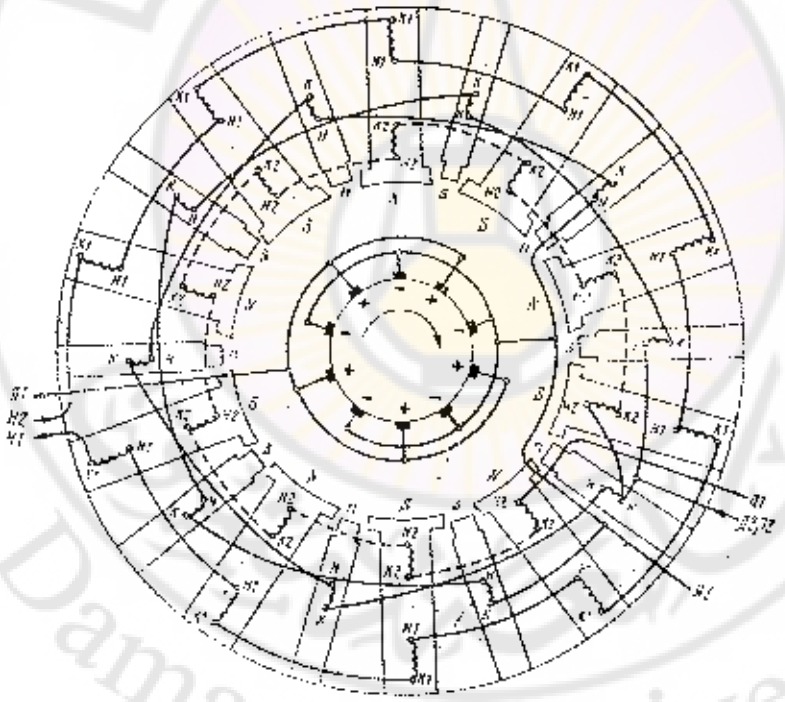
شـــكل (٦٦)

يتألف القطب الرئيس من القلب ٢٨ المؤلف من صفائح فولاذية مشـــدودة بالبراغي ٧ ويوجد في وسط القلب قضيب فولاذي ٢ ، مثقوب تحت البراغي ١، التي تثبت القطب في الجسم ٣، على كل قلب توجد وشيعة التحريض المستقل (٨)، ووشيعة الاقلاع ٢٤ مجمعتان ضمن الاطار ٥ والعازل ٦ .

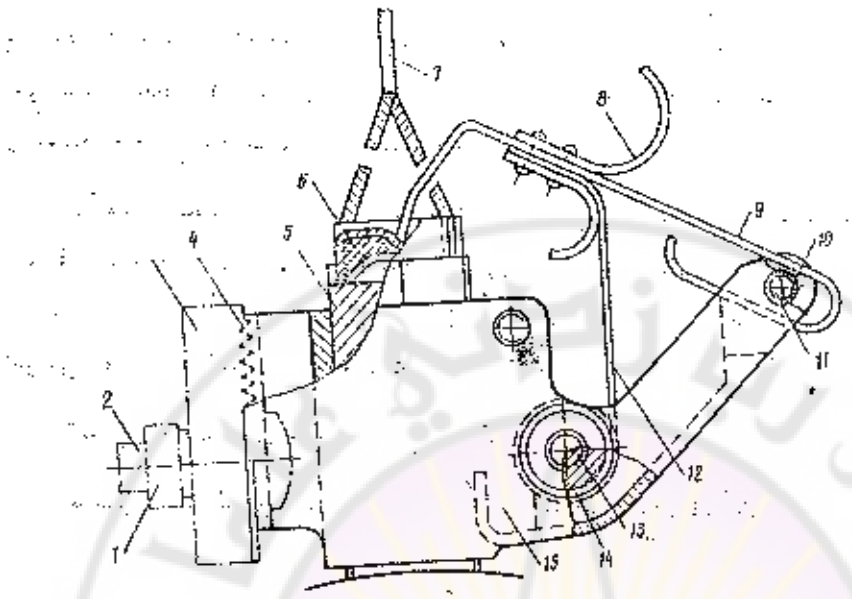
تتألف الاقطاب الاضافية (الثانوية) من قلب ١٩ مؤلف من صفائح فولاذية سميكة معزولة ١٧ ، تستند الوشيعة ١٦ الى المثلث ٢٠ وتثبت باللسان ١٢والنابض ١١ ، ويوجد بين اللسان والقلب رقائق غير ممغنطة ١٣ ، ترفع مقـدار الفراغ الموجود في دارة القطب المغناطيسية .

تغطس الاقطاب في ضمع عازل كهربائيا .

توصل الوشائع وترقم نهاياتها ، حسب المخطط المبين في الشكل (٦٧) يحمل



شـــكل (٦٧)



شـكل (٦٨)

الغلاف الجانبي ٦ الروتر والفحمات ويغلق الفراغ الداخلي للمولد من جهة المجمع. تفك المدرجات ٤ عند تبديلها ، بفك الجلبة ٥ ، المثبتة ببراغيها دون الحاجة الـى فك المولد ذاتيـه .

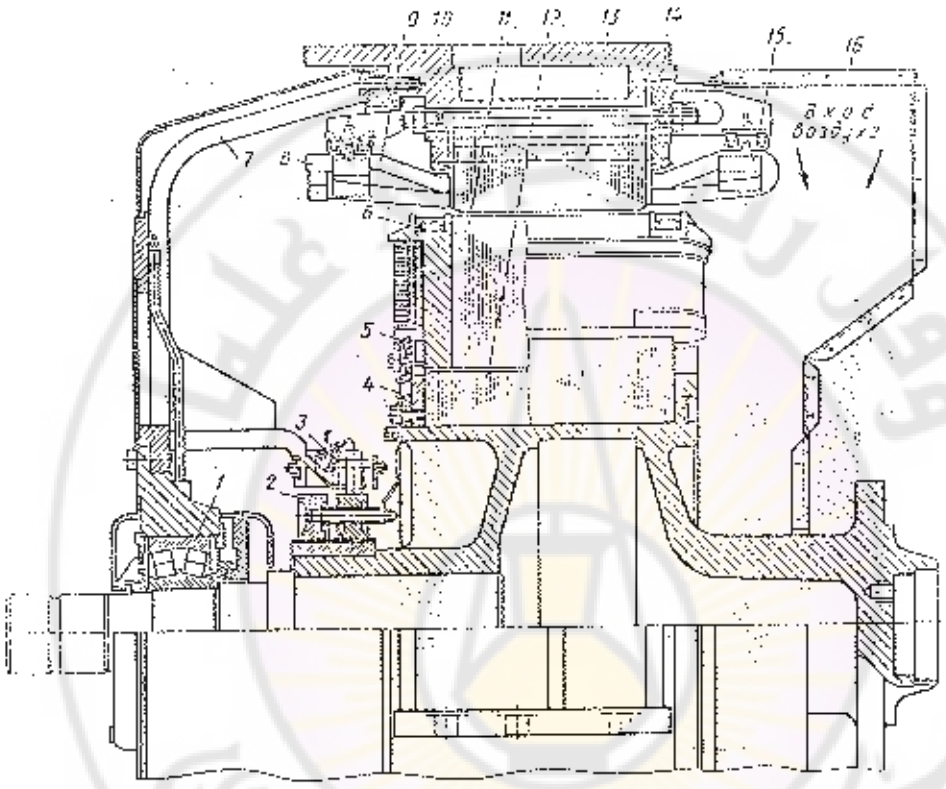
يظهر على الشكل ٦٨ حامل الفحمات .

يجري تيار الهواء في المجرى٢٨،الذي يغلق جوف المولد من جهة عمود الديزل، ويتصل بمجاري مراوح التبريد ، بفتحات علوية ، ويمر تيار الهـواء داخـل المولد بمجريين :

- الأول : يمر من خلال جسم الروتر (القنوات القطرية الواقعة في قلـب الروتر) ويمر جزئيا فوق المجمع النحاسي .
- الثاني : يمر خلال الدارة المغناطيسية الى الحجرة الواقعة في أعلى المجمع.

ويتحد المجريين على المخرج من خلال النافذة ٢ الواقعة في الغطاء السفلي للمدرجة .

٢-٢-٢ المنوبة الكهربائية المتوافقة : شكل (٦٩) :



شكل (٦٩)

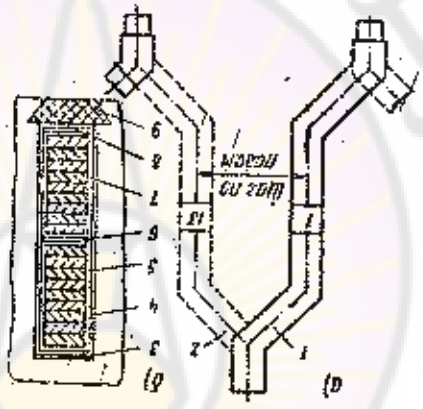
تتميز المنوبة الكهربائية بالاقطاب المتبيزة الواقعة على الروتر ، وتتميز بالتحريض المستقل والتبريد المستقل أيضا . وتتألف من الثابت (ستاتر) والمتحرك (الروتر)، الغلاف الجانبي والمدرجة ، الاغطية ، حوامل الفحمات ومجرى هواء التبريد . يتوضع الثابت في الهيكل ١٠ مع الاقطاب ، وله قلب محوري ١٣ فيه أخاديد كثيرة ، تحتوي على الوشيعة الموجبة ٩ .

وتختلف بنيته بطريقة توضع الاخاديد الواقعة على الدائرة الداخلية ، وبشكل قنوات التبريد المحورية الطولانية .

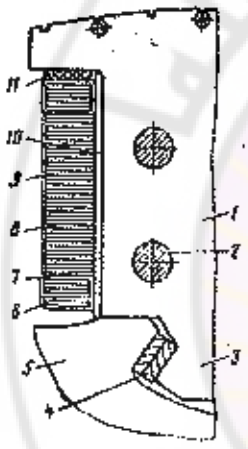
تصنع الوشيعة على شكل نجمتين ثلاثية الاطوار ، تنزاح احدهما عن الاخرى بزاوية ٣٠ درجة .

يتم وصل نهايات الوشائع بقوابض نحاسية معزولة في علب خاصة ٨ ، تحميها من الجو المحيط .

تظهر على الشكل (٧٠) بنية الوشائع وتوضعها في الاخاديد .



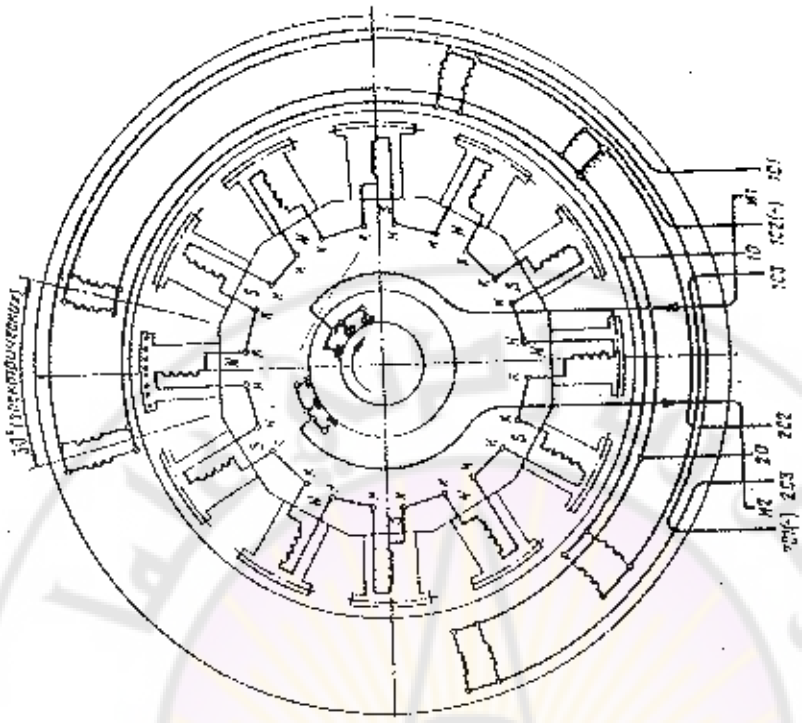
شكل (٧٠)



شكل (٧١)

يحتوي الروتر على حلقات تماس ٢ ، بديلة عن المجمع النحاسي ، ملبسة على جسم المنوبة باسوانة عازلة ، ويحتوي على المحرض ١٣ ، الذي يثبت عليه اثنتي عشرة قطباً ١١ . وتثبت على الاقطاب وشائع التحريض ، ووشائع الموازنة ، التي تخفف من المفاقيد وتوازن الجهد الكهربائي عند حدوث الاعطال الطارئة .

يظهر على الشكل ٧١ مخطط مفصل يوضح بنية الاقطاب . وعلى الشكل٧٢ يظهر مخطط وصل نهايات وشائع المنوبة وترقيمها .



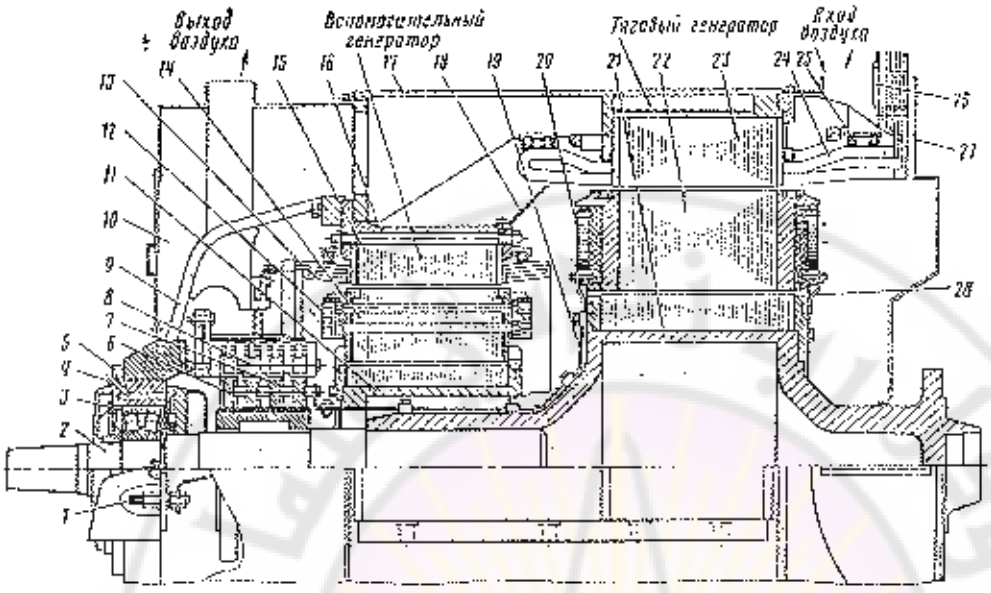
شـــكل (٧٢)

ويجب الاهتمام أثناء الاستمرار بنظافة الاجزاء الناقلة للتيار ، سطوح العـزل وسطوح التبريد والمدرجة .

هذا ولقد ظهرت حديثا منوبة تجمع ما بين المنوبة الرئيسة والمولد المساعـد المتواقت في جسم واحد ، وذلك لتخفيض الكتلة والابعاد ، وتبسيط الوصـلات شـــكل (٧٣) .

٣ ـ محركات الجـر الكهربائية :

مهمتهـــا تدويـر عجـــلات القاطـرة باستخدام مسننات (تـروس) الجر . مبدأ عمل المحركات واحد ، وتختلف عن بعضها بطريقة تعليقها على سريـر القاطرة ، وطريقة تزييت مدارجها على محور العجـلات . محرك الجـر هو آلة كهربائية رباعية الاقطاب ، تعمل بالتيار المستمر والتحريض المتسلسل ، وتخضـع

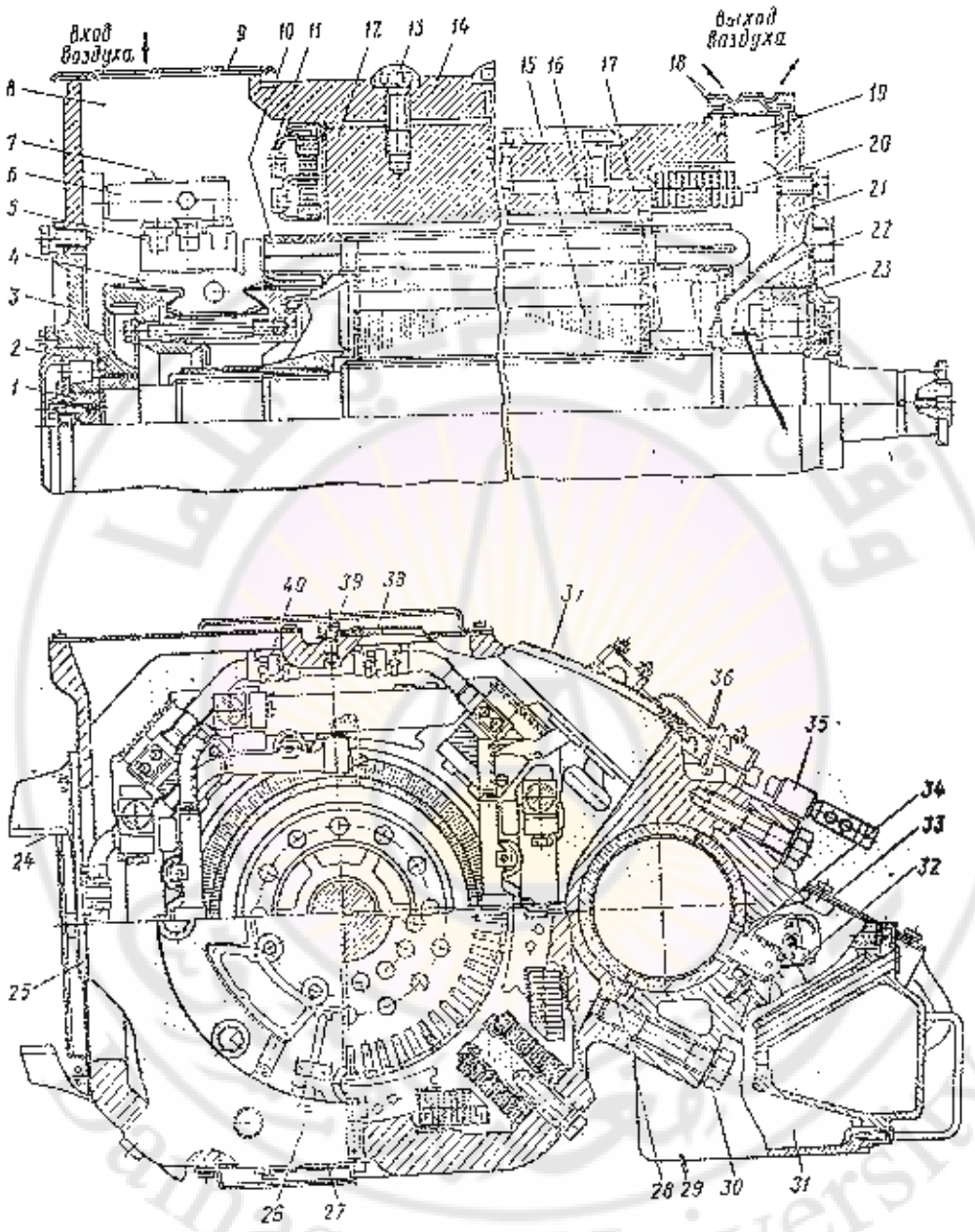


شـــكل (٧٣)

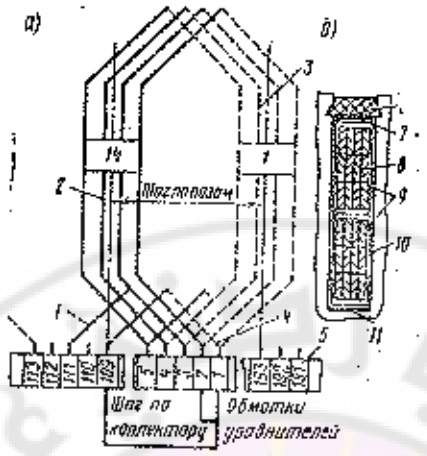
للتبريد الهوائي المستقل • وتعمل محركات الجر بالاستطاعة الاسمية في مجال واسع لعدد دورانها •

يتألف المحرك من روتر ، دارةتحريض ، فحمات وتوابعها ، مدارج ، أغطية جانبية قابلة للفك والتركيب ، ونوافذ خاصة للمراقبة ولمرور تيار الهواء • يتألف روتر المحرك شكل (٧٤) من مجمع مركب على المحور ١ ، مصنـوع من الفولاذ المتين للمحور طوف جر مخروطي الشكل يثبت عليه الترس (المسنن) القائد ويستند الى مدرجتين ٢ ، ٣٢ واقعتين في مقراتهما ٣١،٣ •

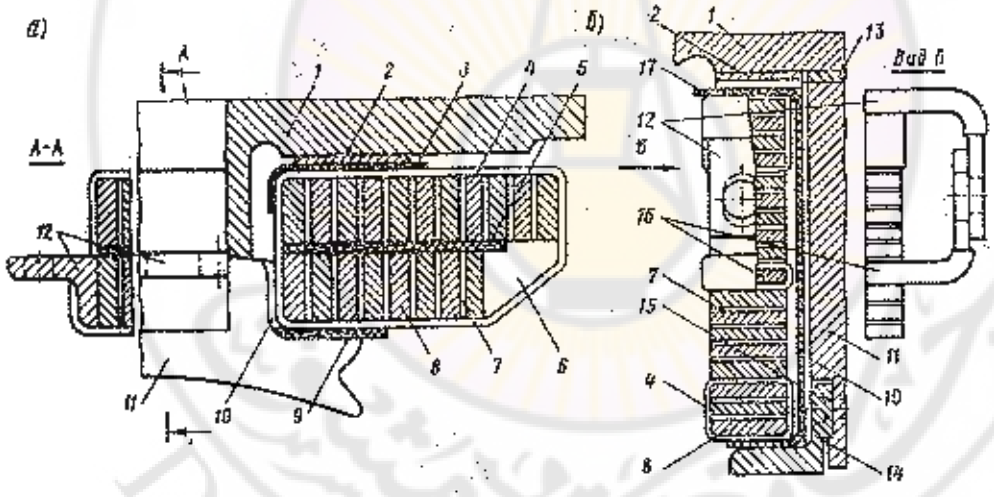
يصنع قلب الروتر ١٥ ، بطريقة الطبع من صفائح مضغوطة ، محصورة بين حلقتين • وتصنع صفائح المجمع ٤ من النحاس ، مضافا اليه قليل من الكادميـوم وتظهر على الشكل ٧٠ ، بنية الوشائع وطريقة تثبيتها •


Вход воздуха
Выход воздуха
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40

شـــكل (٧٤)



شكل (٧٥) وشيعة المحرك

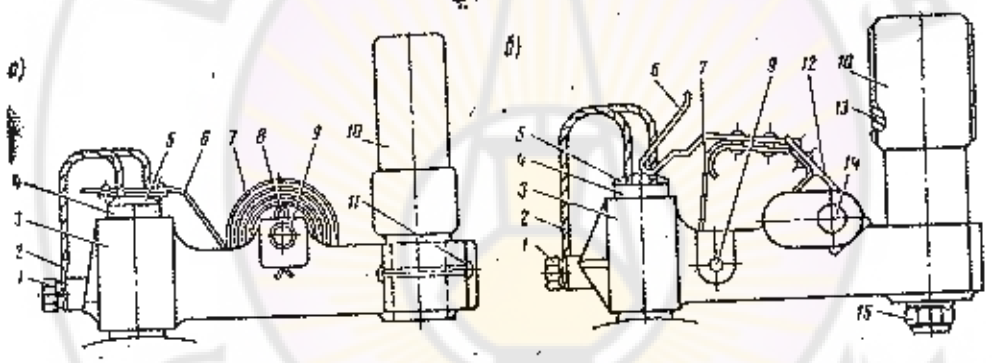


شكل (٧٦) اقطاب المحرك

تجمع دارة التحريض في الهيكل الفولاذي ١٤ ، المصنوع بطريقة السكب ، وتوجد على أطرافه النوافذ ٨ ، ١٩ ، المخصصة لمرور تيار الهواء وخروجه ،ولمراقبة وصيانة المجمع النحاسي ، والفحمات وحواملها والاجزاء الداخلية الاخرى • تركب الأقطاب الرئيسة ١٦ ،والثانوية ١٢ على الهيكل بالبراغي ١٣ ، وتعزل رؤوسها بشكل جيد لمنع دخول بخار الماء الى داخل المحرك .

ويظهر على الشكل ٧٦ أقطاب المحرك وطريقة تركيبها • يتم وصل وشائع الاقطاب في دارة التحريض بعازل مطاطي ١١ ، ٢٠ مصنوع بشكل علبة مثبتة على جسم المحرك ، تمنع تأثير الاهتزازات عليها .

يحتوي حامل الفحمات ٥ ، على نابض حلزوني ، يثبت بالعازل ٧ الموجود على الزوايا ٦ ، الملتحمة على طرف المحرك الجانبي •



شكل (٧٧)

يظهر على الشكل ٧٧ a ، b حامل فحمات قديم a وآخر حديث b يختلفان عن بعضهما بتصميم النابض والاصبع ١٠ ، ويثبت الهيكل ٣ على الاصابع ١٠ بالعزقات ١٥ • تثبت مقرات المدرجات وضعية الروتر ، وتعد أغطية جانبية للهيكل ، وتصنع من الفولاذ بطريقة السكب .

يضاف الزيت الى المدرجات في أثناء الاستثمار ، بالقناة ٢٦ شكل (٧٤) التي تغلق بسدادة وبرغي خاص •وتتصل حجرة الزيت في المدرجة بالهواء الجوي

بالقناة ٢٢ ، وذلك لمنع سحب الزيت منها الى داخل المحرك مع تيار الهواء • يثبت غطاء النافذة العليا ٣٧على الهيكل بالبرغي ٣٩ والقفل ٣٦ ، وتثبت الاغطية الاخرى ٢٥ ، ٢٧ ، ١٨ ببراغيها الخاصة ، وتكل منها رقائق احكام مطاطية .

يستند المحرك على محور العجلات في مدارج محورية ، مركبة في مقعرات خاصة واقعة في جسم المحرك ذاته • وتتألف المدرجة من قشور ٢٨ ، مجرى الزيت، وغطاء منفصل ٢٩ مثبت بالبراغي ٣٠ •

تتألف القشور من اسطوانات بروتزية ، مقسومة الى قسمين ، توجد في احدها ، نافذة ، مخصصة لتزييت سطوح القشور والمحور • وتغلف سطوح القشور عادة بطبقة معدنية رقيقة لتسهيل الحركة •

يركب محرك الجر على سرير القاطرة تحت الهيكل ، في ثلاث نقاط ، اثنتان منهما تقعان على محور العجلات وتقع الثالثة على قاعدة السرير ، تسمى طريقة التركيب هذه ، الطريقة المحورية •

يبرد المحرك بتيار من الهواء يمر من خلال النافذة ٨ ، الى المجمع من الاعلى، وفوق قلب الروتر في الفراغ المحصور بين الاقطاب، ، كما يمر الهواء بمجرى آخر موجود في أسفل المجمع ، من خلال ثقوب التهوية الموجودة في القلب نفسه• ويتحد المجريان في النافذة ١٩ الموجودة في جسم المحرك من الجهة المعاكسة للمجمع النحاسي•

تتصل وشائع التحريض ، ووشائع الاقطاب الثانوية مع وشيعة الروتر على التسلسل • وتنفذ أطراف وشائع التحريض للخارج لاتاحة الفرصة لتغيير جهة دوران المحرك •

لا تختلف الصيانة الفنية للمحركات عن المولدات الكهربائية بشكل عام ، سوى بصيانة المدارج المحورية ، التي تتطلب مراقبة يومية ، نظرا لاهميتها وخطورتها في تأمين الحركة المستقرة للقاطرة •

تتضمن مراقبة المدارج ما يلي : درجة حرارتها ـ وجود الزيت وغيرها .

يظهر على الشكل ٧٨ مقطع محرك جر متطور ، مركب على قاعدة السرير بعيدا عن محاور الحركة (محاور العجلات) .

يتألف هذا المحرك من عمود أجوف ، يحتوي على عمود مرن آخر ، يقوم بتدوير العجلات ، ويتصل بوساطة قارنة بالطرف المخروطي ١ .

يركب القلب ١١ على العمود ، والمجمع ٤ والمدارج ٢ ، ١٨ والاجزاء الاخرى أيضا وتغلف رؤوس وشائع الروتر بالحاضن ١٧ ، الذي يحميها من التلف .

يصنع الهيكل الدائري للمحرك من الفولاذ بطريقة اللحام ، ويحتوي على سطوح استناد ٢٠ وليس له مدارج محورية .

تتألف دارة التحريض من ستة أقطاب رئيسة ١٤ وأقطاب ثانوية ٩ ، مركبة على جسم المحرك بالبراغي ١٢ .

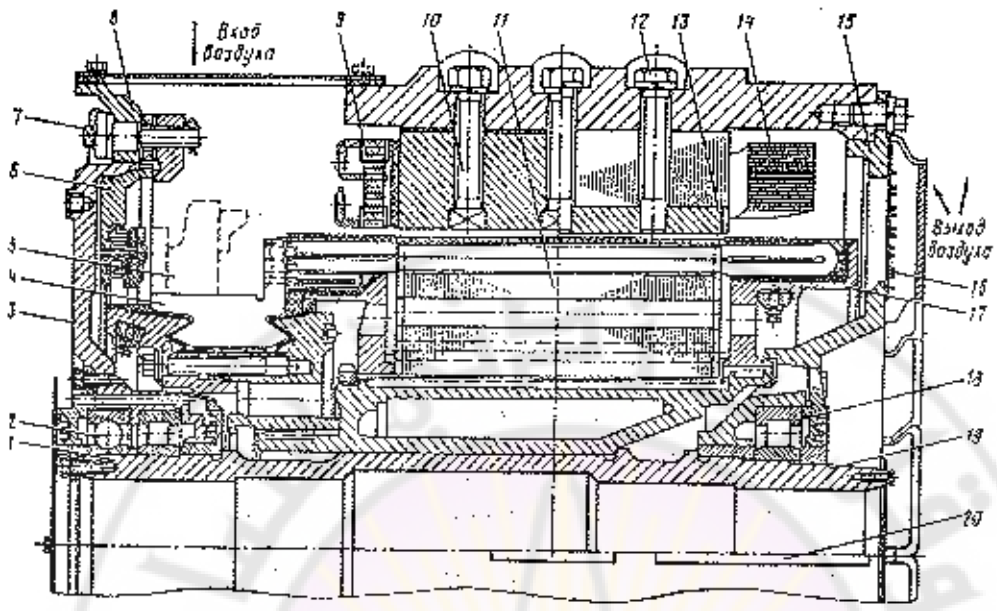
يظهر على الشكل (٧٩) مقطع في محرك جر غير متواقت يستخدم على بعض القاطرات الحديثة ، ويتميز بتصميمه البسيط .

ويتألف من ثابت ، متحرك (روتر) ، واغطية جانبية ومدارج . يتألف القسم الثابت من هيكل ٩ ، قلب ١٠ مؤلف من صفائح فولاذية مثبتة بالحلقات ٨ ، وشيعة ١١ ثنائية الطبقات تثبت نهاياتها بالحلقات المخروطية .

يتألف الروتر من العمود ١ ، الهيكل الانبوبي ٣ ، القلب ٤ ، ووشيعة ذات دارة تحريض قصيرة .

تحتضن الحواضن ٦ ، ١٢ المدرجتين ٢ ، ١٣ ، التابعتين للروتر .

يثبت المحرك على قاعدة السرير ، ولا يستند على محاور العجلات ، ويقوم مبدأ عمله على توليد حقل مغناطيسي دوار من الوشيعة ١١ الكائنة في الثابت يتولد تيار كهربائي في الدارة القصيرة للوشيعة ٥ الموجودة في الروتر ، وتحت تأثير القوة الكهرطيسية يبدأ الروتر بالدوران .



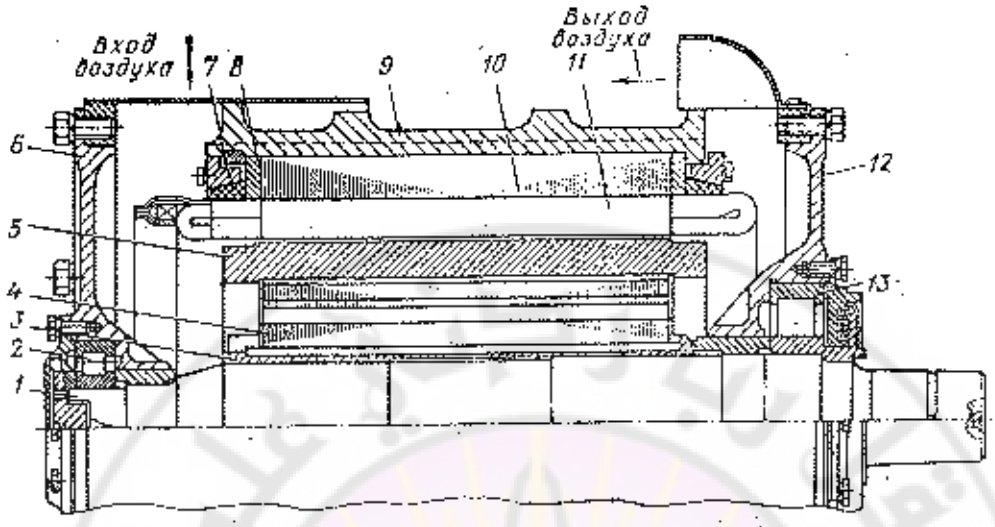
شـكل (٧٨)

يظهر على الشكل (٨٠) مقطع في الآلة المزدوجة (محرض ـ مولد مساعد)• وتتألف من هيكل ١٢ مؤلف من أعمدة مضلعة ٧ ملتحمة مع بعضها ومغلقة بالاغطية ٨ ، التي تفك وتركب بسهولة ، تحتوي الاغطية على مقرات المدارج ١ •

تثبت صفائح المجمع النحاسي ٤ في الروتر ١٠ على الجلبة ٩ بقطعة بلاستيكية ٣ • يركب على الجلبة المتطاولة للمجمع في المولد المساعد الحديث حلقات تماس اضافية ١٧ ، متصلة بصفيحتين متجاورتين في المجمع ، منزاحتين بزاوية ٦٠ درجة • تغذي الحلقات الاضافية بعض عناصر التحكم في الديزل والقاطرة بالتيار المتناوب •

يوجد على الاقطاب الرئيسة ١٤ في المحرض ، وشيعة اضافية أخرى ١١ علاوة على الوشيعة المستقلة ١٣ للتحريض •

يثبت حامل الفحمات ٦ مع الفحمات ، على حلقة لاستبدال العازلة ٥ (التي تبدل اتجاه التيار) •



شـكل (٧٩)

في أثناء الصيانة ، يجب الاهتمام والعناية بطبقات العزل ، والمدارج ووصلات الوشـائع .

٣ ـ المحرضات والمولدات المساعدة :

يغذي المحرض وشيعة تحريض المولد الرئيس المستقلة ، بالتيار الكهربائي المستمر بشكل مباشر أو من خلال مقوم للتيار المتناوب .

ويغذي المولد المساعد دارات القيادة والتحكـم ، ويشـحن المدخـرات ويغذي بعض المحركات الكهربائية المساعدة ويستخدم في الانارة .

للمحرض والمولد المساعد المركبة على القاطرات ، أشكال مختلفة . ويمكن جمعهما في مجموعة واحدة ، يطلق عليها الآلة الكهربائية المزدوجـة . وذلـك لتخفيض أبعادها وكتلتها وتبسيط عمليات التركيب والتجميع .

تبرد الآلتين بالمروحة المركزية (تبريد ذاتي) ، المؤلفة من زعانف على الوجهين ، تسحب الهواء من جانب الآلات وتدفعه من خلال النوافذ الى الداخل . وتركب على الطرف المخروطي ١٨ ، قارنة مرنة تقوم بوصل عمود الآلة المزدوجة بعمود محرك الديزل .

هناك بعض الآلات الكهربائية المساعدة التي تحتوي أقطاب رئيسة مجزأة طولانياوعرضانيا ، تركب عليها وشيعة اضافية تسمى الوشيعة التفاضلية (المعاكسة) . التي يجري فيها تيار روتر المولد الرئيس مما يساعد في الحصول على الخاصية المثالية المطلوبة من المولد الرئيس ، ويساعد على استقرار استطاعة الديزل وثباتها عندما تتغير حمولة القاطرة .

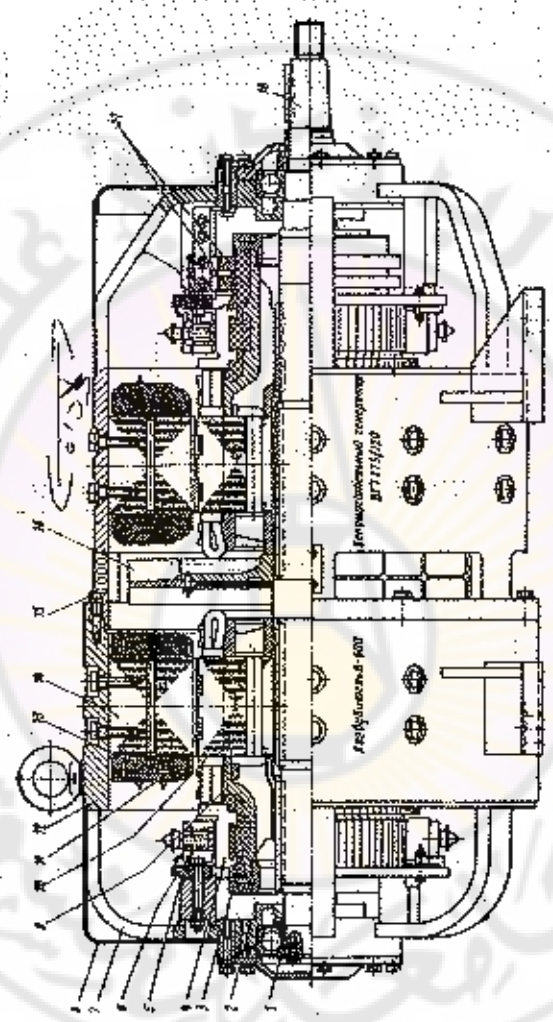
كما يوجد محرضات رباعية الاقطاب ، أحادية الاطوار متوافقة مع مولد مساعد ثنائي الاقطاب يعمل بالتيار المستمر ، في مجموعة واحدة وهيكل واحد .

وهناك محرضات متوافقة حديثة حلت محل الآلة الكهربائية المزدوجة تقوم بمهمتها بشكل مناسب .

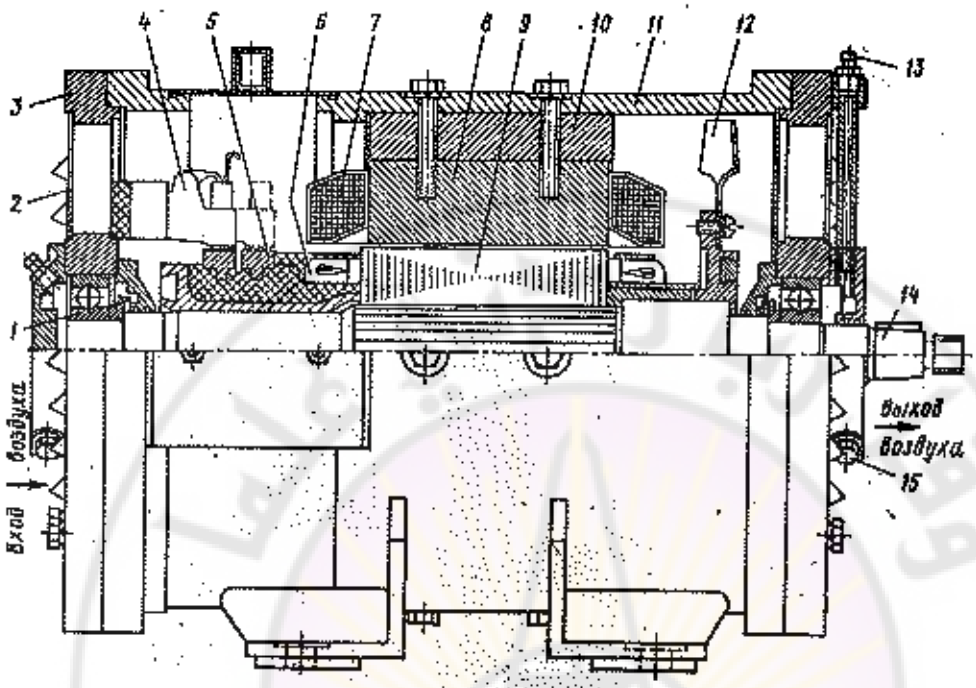
يركب المحرض على جسم المولد الرئيس أو على أحد أطراف الديزل ويستمد حركته من الديزل بالسيور أو من خلال قارنة نصف قاسية .

عند صيانة الآلة الكهربائية المزدوجة يجب مراقبة وضعية وسيط نقل الطاقة وحامل الفحمات وطبقات العزل والمدارج .

واذا كان المولد الرئيس منوبة متوافقة ، يمكن استخدام محرض متوافق لتغذية وشائع التحريض فيه .



شـــكل (٨٠)



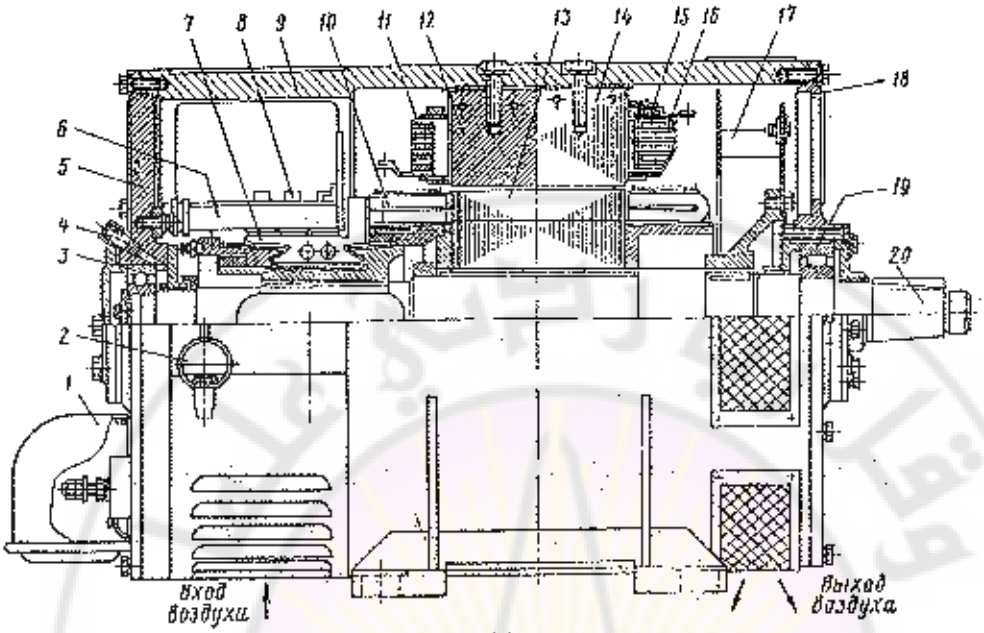
شـكل (٨١)

يظهر على الشكل (٨١) مقطع في محرض متواقت من هذا النوع •

١) ــ المحركات الكهربائية المساعدة :

مهمة المحركات الكهربائية المساعدة تشغيل الآلات الميكانيكية المساعدة على القاطرة ، ولقد تم الجمع بينها وبين آلات أخرى ، حيث أصبحت تقوم بعمل مزدوج كالمولد ــ المقلع ، المحرك ــ المروحة وغيرها •

يظهر على الشكل ٨٢ مقطع مولد ــ مقلع • يعمل بنظام المحرك الكهربائي • ويقوم باقلاع الديزل ، بعد تغذيته بالتيار الكهربائي من المدخرة ، بعد ذلك يعمل كمولد مساعد ، يغذي بعض التجهيزات الكهربائية على القاطرة التيار الكهربائي •



شـكل (٨٢)

تتألف هذه الآلة العاملة بالتيار المستمر من هيكل رباعي الاقطاب تركب وشائع التحريض التسلسلية ١٥ على الاقطاب الرئيسة ١٤ ، وتركب عليها وشائع التحريض المستقل ١٦ أيضا . (يعمل التحريض التسلسلي عند الاقلاع ، والتحريض المستقل عند العمل كمولد مساعد) .

لا تختلف هذه الآلات عن بقية الآلات الكهربائية الاخرى بتصميمها وتركيبها .

يعمل ضاغط الهواء بمحرك كهربائي خاص ، وتستخدم محركات أخرى لتشغيل مضخة الماء ، المضخة المساعدة للزيت ،ومضخة وقود الديزل ، وتعمل هذه المحركات بالتيار المستمر .

يظهر على الشكل ٨٣ مقطع محرك كهربائي ، يوجد على هيكله زعانف

(ريش) مروحية ، وتؤلف مع المحرك ، محرك ــ مروحة ، يقوم بتبريد المـاء والزيت ، في حجرة تبريد القاطرة .

هذا المحرك هو آلة كهربائية غير متواقتة ثلاثية الاطوار بدارة قصيرة ، ذات تبريد ذاتي . ويتألف المحرك من العمود ١ ، الغلاف الجانبي ١٠ ، القلب ١٢ المزود بدارة قصيرة مصنوعة من الالومنيوم ١٣ . يدور القلب حول الستاتر المثبت بالبراغي ٢١ ، ٢٣ على القاعدة ٢٢ .

تلتحم الريش ١٤ في المروحة المحورية على الروتر الذي يقوم بدور القسم الثابت . ويثبت العمود ١ بالبراغي ٤ الى السقف الاعلى ٥ ، في الغطاء ١٠ .

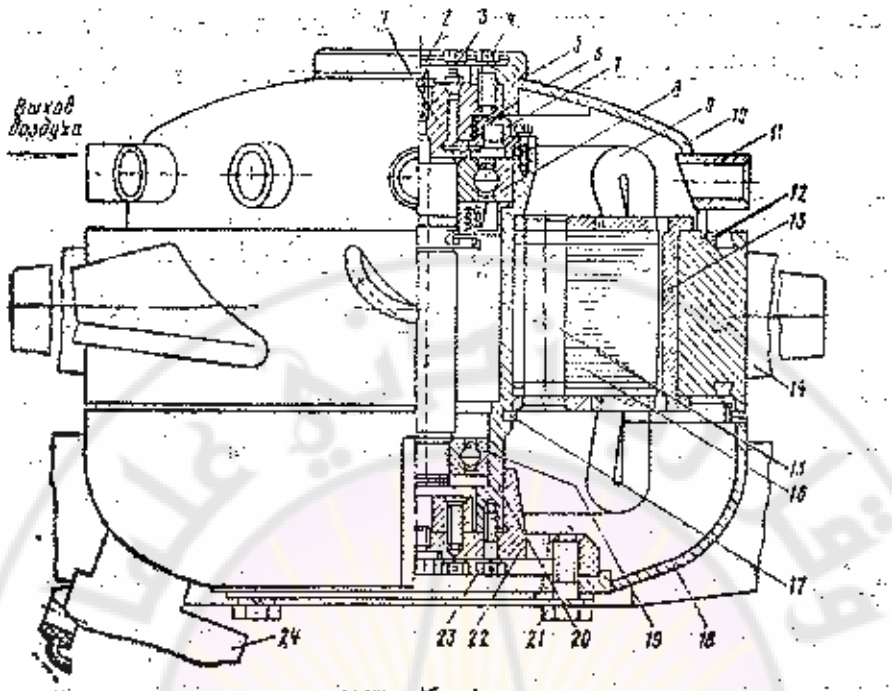
ويدور معه في المدرجتين ٨ ، ١٩ المركبتين في مقرات داخل الهيكـل ٢٠ . ويركب على الهيكل القلب ــ المحور ١٦ الذي يحتوي في أخاديده الخارجية على الوشيعة ٩ ، التي تجمع نهاياتها في العلبة ٢٤ .

يدخل تيار الهواء المحر لثمن خلال القاعدة ٢٢ ، مارا بالقناة ١٥ في قلب الستاتر ، ويخرج بالقنوات الانبوبية ١١ ، والنوافذ الموجودة في غلاف الروتر . ويصل الزيت الى المدارج من الفتحات ٢ ، ٣ والثقوب المحفورة في العمود ١ .

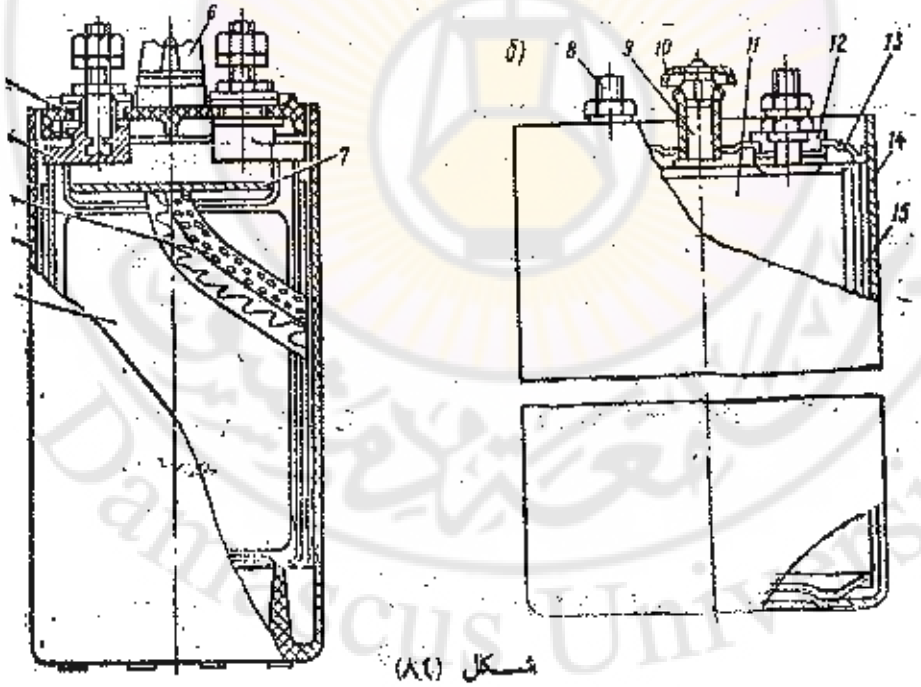
٥ ــ المدخرات الكهربائية :

المدخرات هي المصدر الكيميائي للطاقة الكهربائية ، وتقوم بتحويل التركيب الكيميائي للوسيط النشط (الفعال) الذي يملأ صفائح المدخرات عند مرور التيار الكهربائي (حالة الشحن) . الى تركيب كيميائي آخر . (تجميع الطاقة الكهربائية نتيجة التفاعلات الكيميائية المباشرة) واعادة التركيب الكيميائي الاولي للوسيط الكيميائي الفعال ، عند ربط أقطاب المدخرة الى حمولة معينة (حـالة التفريغ) . تستخدم القاطرات المدخرات الرصاصية الحمضية والقلوية ، وتشحن قبل استخدامها بالمولد المساعد أو بأي مصدر آخر للتيار الكهربائي المستمر .

تظهر على الشكل ٨٤ مدخرة رصاصية حمضية .


Выход воздуха
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24

شکل (۸۳)


6
7
б)
8
9
10
11
12
13
14
15

شکل (۸۴)

مؤلفة من علبة (خزان) يحتوي على تسع عشرة صفيحة موجبة ، وعشرين صفيحة كهربائية سالبة ، جميعها مركب في وعاء من الايبونيت يستند الى أرجل خاصة في قاع الخزان .

تصنع الصفائح الشبكية ١ من الرصاص ، وتملأ عيون الصفائح الموجبة بالمادة النشطة (اكسيد الرصاص PbO_2) في حالة الشحن ، وتملأ الصفائح السالبة بالرصاص Pb ، وتفصل الصفائح المختلفة عن بعضها بصفائح عازلة ٣ .

تلتحم الصفائح الموجبة والصفائح السالبة مع بعضها كلا على حدة وتشكلان مجموعتين تشغل كل منها حيزا يساوي نصف العلبة ، وتتصل نهاياتها بالاقطاب ٤ .

تغطى العلبة ٢ بالغطاء ٥ المصنوع من الايبونيت ، الذي يحتوي على أربع فتحات تنفذ منها وصلات الصفائح ، وفتحة مركزية لسكب المحلول الكهربائي ، تغلق الفتحة بالسدادة ٦ التي تحتوي على قناة شاقولية وأخرى أفقية تسمح للغازات بالخروج منها . وتقوم الصفيحة ٧ بمنع انسكاب المحلول من الداخل .

يتألف المحلول من حمض الكبريت والماء المقطر ويملأ المدخرة ، بمستوى يزيد عن الصفيحة ٧ بمقدار ١٥ مم ، وتساوي كثافته ١٫٢٤ — ١٫٢٧ غ/سم^3 .

وتجري التفاعلات الكيميائية التالية نتيجة التأثير المتبادل بين المحلول الكهربائي والمادة النشطة .

$$Pb + PbO_2 + 2\,H_2SO_4 \underset{\text{شحن}}{\overset{\text{تفريغ}}{\rightleftharpoons}} 2\,PbSO_4 + 2\,H_2O$$

$$Pb + PbO_2 + 4\,H^+ + 2\,SO_4^{-2} \underset{\text{تفريغ}}{\overset{\text{شحن}}{\rightleftharpoons}} 2\,PbSO_4 + 2\,H_2O$$

وخلال ذلك ، تجري الكترونات الذرات من الصفائح الموجبة (حالة الشحن) الى المحلول الكهربائي ويظهر على الصفائح جهد كهربائي يساوي + ١ر٧ فولت. ويخرج جزء من الكترونات الذرات من المحلول الى الصفائح السالبة فيظهر عليها جهد يساوي ــ ٣٥ر٠ فولت .

وتصبح القوة المحركة الكهربائية للمدخرة المشحونة من ٢ر٠٤ ــ ١ر٢ فولت. وتحدث العملية العكسية في حالة التفريغ . ويجب أن يستمر التفريغ حتى بلوغ قوة المدخرة ٨ر١ فولت فقط ، واذا استمر أكثر من ذلك تبدأ الصفائح بالتلف .

تشحن المدخرات بعد سكب المحلول فيها مدة ست ساعات على الاكثر . حتى لا يتولد على الصفائح اكسيد الرصاص PbO_4 الذي يرفع المقاومة الكهربائية الداخلية بشكل حاد ، ويعيق مرور المحلول في الطبقات الداخلية للمادة النشطة ، ويسبب انخفاض سعة المدخرات .

وتحدث هذه الظاهرة أيضا عندما تتكرر عمليات الشحن الناقصة ، أو عند الشحن العميق أو التخزين الطويل .

تتعلق كثافة المحلول بدرجة الحرارة وتساوي في المناطق الحارة ٢٤ر١ ــ ٢٥ر١ غ/سم^3 تظهر على الشكل السابق b مدخرة قلوية (نيكل ــ حديد) . وتتألف من علبة تحتوي ستا وثلاثين صفيحة موجبة وأربعا وثلاثين صفيحة سالبة، متوضعة في علبة فولاذية ١٤ . مغلفة بمادة مقاومة للصدأ . تغطى العلبة من الاعلى بالغطاء ١٣ ، الذي يحتوي أربع فتحات تستخدم لمرور نهايات

الصفائح ٨ ، يوجد في وسط الغطاء ، الانبوب ٩ ذو العنق الموسع ، الذي يستخدم لسكب المحلول ويغلق الانبوب بالسدادة ١٠ ، الحاوية على قناة لمرور الغازات .

تملأ الصفائح بالمادة النشطة ، وتتصل مع بعضها كما في السابق . وتتألف المادة النشطة من NiOOH ماءات النيكل ومواد إضافية منشطة (حالة الشحن) وتتألف المادة الموجودة في الصفائح السالبة من أكسيد الحديد FeO ومنشطات اضافية أخرى . يحتوي المحلول على ٢٠٪ من ماءات البوتاسيوم مع الماء المقطر و ٢٠ غ/ليتر من ماءات الليثيوم LiOH (لزيادة عمر المدخرات) . تساوي كثافة المحلول ١٫٢٨ غ/سم^3 ويبلغ مستوى المحلول أعلى من الصفائح بـ ٤٠ ـ ٥٠ مم .

وتجري في المدخرة التفاعلات الكيميائية التالية بين المادة النشطة والمحلول .

$$3\,Fe + 4\,NiOOH + 4\,OH \underset{\text{تفريغ}}{\overset{\text{شحن}}{\rightleftharpoons}} Fe_3O_4 + 4\,Ni(OH)_2$$

أو

$$Fe + Ni_2O_3 + 3\,H_2O \underset{\text{تفريغ}}{\overset{\text{شحن}}{\rightleftharpoons}} Fe(OH)_2 + 2\,Ni(OH)_2$$

يظهر على الصفائح خلال الشحن جهد كهربائي يساوي ١٫٧ فولت ، ويحدث العكس خلال التفريغ ، ويستمر التفريغ حتى يصبح الجهد ١٫٠ فولت فقط ويجب الا تزيد حرارة المحلول عند الشحن على ٤٥م° ، وعندما تزداد على ٤٥م° أو تقل عن ٥م° تنخفض سعة المدخرة الى النصف تقريبا . ولا تستطيع هذه المدخرات العمل بشكل جيد في المناخ البارد .

ـ الخواص الرئيسة للمدخرات :

تختلف المدخرات عن بعضها البعض ، ببعض الخواص ومنها :

ـ المدخرات الرصاصية ذات جهد اكبر بـ ١ر٥ مرة وبالتالي سعتها النوعية اكبر بالقيمة نفسها وكذلك استطاعتها النوعية (نسبة لواحدة الحجم أو واحدة الكتلة) .

تعمل هذه المدخرات بشكل جيد في مختلف الظروف المناخية .

ـ مردود المدخرات الرصاصية أكبر بـ ١ر٥ مرة من المدخرات القلوية . غير أن المدخرات القلوية لا تحتوي على الرصاص الثمين من جهة والضار من جهة اخرى كما أنها لا تتأثر بالاهتزازات كالمدخرات الرصاصية ، وهي أقل حساسية تجاه تكرار عملية الشحن ، وتجاه تشكيل الدارات الكهربائية القصيرة . تخدم المدخرة القلوية كثيرا (أكثر من المدخرة الرصاصية بـ ٢ر٥ مرة).

ـ موقع المدخرات : تركب المدخرات على القاطرات في مقرات خاصة ، واقعة تحت القاعدة الرئيسة للهيكل من الجانبين ، تخضع للتبريد صيفا وللتدفئة شتاء .

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الفصل السادس

تجهيزات القيـادة والتحكم والحماية

مقدمـة : تتم قيادة القاطرات باستخدام تجهيزات كهربائية والكترونية متعددة تدخل في الدارات الكهربائية للمولد الرئيس والمحركات الكهربائية ، وفي دارات تحريض هذه الالات ، وفي دارات الالات الكهربائيـة المساعدة ونظـام التحكم والقيادة والحماية .

أهم هذه التجهيزات هي :

١ ـ تجهيزات الوصل والفصل الكهربائي في الدارات الكهربائية المختلفة .

٢ ـ المنظمات التي تحافظ على مؤشرات وعوامل نظام العمل (منظم الجهـد في المولد المساعد ، حاكمة ضغط الهواء وغيرها).

٣ ـ أجهزة المراقبة والحماية التي تراقب القيم الحدية للمؤشرات نظم عمل الالات (حاكمة التأريض ، حاكمة التيار الكهربائي الاعظمي وغيرها) .

٤ ـ مقاومات تحديد الجهد والتيار الكهربائيان وامتصاص الطاقة الكهربائية عند استخدام المكابح الكهربائية .

٥ ـ تجهيزات اضافية اخرى مساعدة للتجميع والوصل وغيرها .

تعمل الالات ومعدات القاطرة في ظروف قاسية ، لذا يضاف الى المتطلبـات الاساسية منها (الوثوقية ، البساطة وغيرها) بعض المتطلبات الخاصة (كالاستقرار أمام الاهتزازات المختلفة التي قد تؤدي الى خلل في نظام العمل).

تعمل الالات الكهربائية في مجال حراري واسع من ــ ٥٠ الى + ٧٠ درجة مئوية وفي جو رطب تصل رطوبته الى درجة ٩٥٪ • لذا وجب تغليف التجهيزات المختلفة بمادة مقاومة للصدأ ، وتشحيمها بالشحوم المناسبة •

يجب ان تكون التجهيزات قادرة على العمل في مجال واسع لتغير الجهد الكهربائي (يتغير الجهد من ٥٠ ــ ٩٠٠ فولت في الدارة الكهربائية الرئيسة وينخفض الجهد حتى ٨٠٪ من القيمة الاسمية في دارات القيادة)•

يجب ان تعمل التجهيزات بوثوقية في الهواء الملوث بالغبار وبخار الماء وبخار الوقود والزيت • حيث تتراكم هذه المواد على التجهيزات وتتلف عوازلها ، وتزيد من تآكل العناصر المتحركة وسطوح التماس فيها •

يتوضع الجانب الرئيس من تجهيزات القيادة في حجرات خاصة (حجرة الجهد العالي) حجرة التجهيزات الرئيسة ، حجرة قيادة القاطرة • وتقع حجرة الجهد العالي خلف حجرة القيادة • وتركب التجهيزات في حجرتين أو ثلاث على قواعد معدنية متينة •

وتمد الحجرات بتيار من الهواء النظيف خالي من ابخرة الماء والزيت والوقود ، يقوم الهواء بتهوية الحجرات ويحسن ظروف عمل التجهيزات • وتغلق الحجرات بأبواب محصنة وآمنة بحيث يرفع عنها الجهد الكهربائي عندما تفتح•

تضم حجرة القيادة تجهيزات القيادة وأجهزة مراقبة ظروف الحركة ، ومراقبة التجهيزات الرئيسة في القاطرة • ويستطيع سائق القاطرة من حجرة القيادة متابعة الاشارات الصادرة عن الخط الحديدي وحالته ، ومراقبة أجهزة القياس والعدادات المختلفة •

تحتوي الحجرة على ذراع القيادة ، تجهيزات قيادة نظام النقل الكهربائي ومراقبته ، والتجهيزات المساعدة والحبابات الكهربائية وعدادات الديزل ونظام النقل • وتحتوي الحجرة على الصنبور الرئيس للمكابح الهوائية ، أجهزة الانارة والاتصال ، وآداة المكابح الفجائية (الطوارىء) وكبسة الامداد بالرمل وغيرها •

أ ـ تجهيزات التماس الكهربائي الرئيسة :

وتتألف من عناصر التماس المباشرة (المحتكة)، عنصر التشغيل ، ومبدد الشرارة الكهربائية .

أ-١ـ عناصر التماس الكهربائي :

يمر فيها التيار من قطعة الى أخرى ، وتحدد المقاومة فيها قيمة التيار المسموح فيه ، والتي تتعلق بمادة العناصر ونعومة سطوحها ، وقوة الضغط المؤثرة اضافة الى تأثير الطبقة من الاكاسيد التي قد تغطي سطوح التماس . عندما يجري تيار كبير تسخن منطقة التماس وتزداد مقاومتها ، ويزداد الهدر ، وقد يحدث انصهار أو التحام مما يتلف عناصر التماس ، التي تصنع من النحاس غالبا ، لانه يتميز بمقاومة منخفضة ،متانة كافية ويضاف اليه الكادميوم لزيادة مقاومته للاحتكاك والتآكل، لكن تظهر عليه مع الزمن طبقة من الاكسيد ، لذا وجب تنظيفه باستمرار .

يحدث التماس الخطي والنقطي ، وتحدد أبعاد ومؤشرات عناصر التماس انطلاقا من درجة التسخين والتآكل الحاصلين ، ويفضل الاختبار التجريبي لهذه العناصر .

أهم المؤشرات والعوامل النوعية هي :

F ـــ قوة الضغط النوعية N/M^2

J ـــ كثافة التيار A/M^2

أو النسب التالية :

$$\frac{I}{b} \cdot \frac{I}{F}$$

حيث I — التيار الكهربائي الجاري في منطقة التماس •

F — قوة الضغط N .

b — عرض عنصر التماس M .

وتحدد الحالة الاستثمارية لعناصر التماس بالمؤشرات التالية :

— قوة الضغط التي تقاس بمقياس خاص (القوة الضرورية لفك التماس عند تأثير القوى الاسمية)•

— مقدار الخلوص بين عنصري التماس •

— طول التماس بين العنصرين •

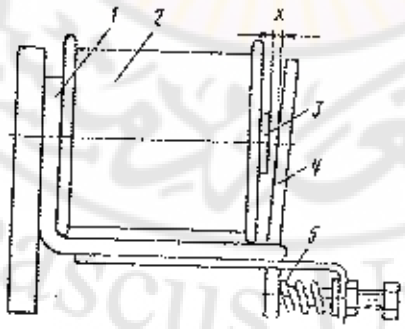
— انزياح عنصر التماس المتحرك عند انعدام العنصر الثابت •

١ـ٢ـ عنصر التشغيل (ناقل الحركة) :

ويكون مباشرا (يدويا) ، كهرطيسيا ، كهرهوائيا ، أو باستخدام محرك كهربائي خاص :

— العنصر المباشر كذراع القيادة ، قاطع التيار وغيرها وهي معروفة جيدا •

— عنصر التشغيل الكهرطيسي : يظهر على الشكل (٨٥) •

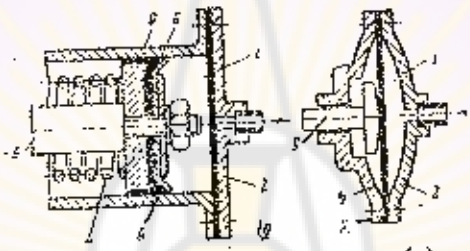


شكل (٨٥)

تتحرك العناصر الحرة ، بتأثير قوة(جذب)الذراع ٤ الى القلب الكهرطيسي٣. تغلق دارة الحقل المغناطيسي الناتج عن الوشيعة ٢ عند مرور التيار فيها ، من خلال الصفيحة ١ ، القلب ٣ ، الذراع ٤ والخلوص الهوائي X • ويفتح النابض O الجهاز عندما ينفصل التيار عن الوشيعة ، وتتعلق قوة الجذب بقوة المغناطيس والخلوص الهوائي • ويتميز هذه التشغيل بالوثوقية والبساطة ، لكن مساره محدود وقوة الجذب محدودة أيضا •

ـ عنصر التشغيل الهوائي :

يستخدم في الحالات التي تتطلب قوى كبيرة نسبيا ، ومسارات كبيرة • عندما يكون المسار في حدود ٥٠ مم يستخدم التشغيل بالصفيحة المرنة شكل (٨٦) a ويستخدم التشغيل المكبسي عند المسارات الكبيرة شكل (٨٦) b

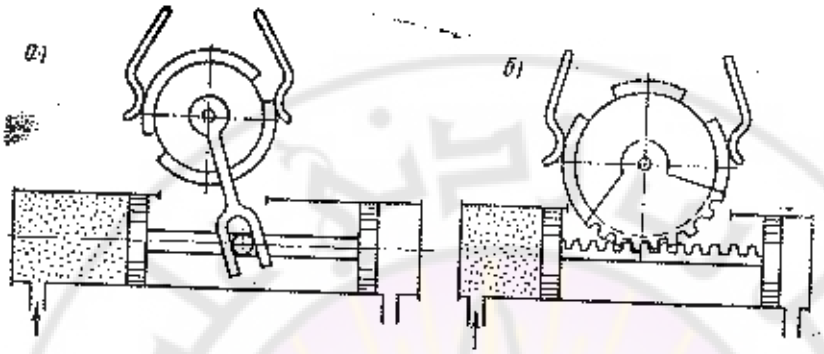


شكل (٨٦)

يقلع الجهاز بالهواء المضغوط الوارد الى الحجرة ١ ، ويقوم المكبس ٨ أو الصفيحة ٣ بتحريك العمود ٥ المرتبط مع عنصر التماس المتحرك ، تحت تأثير ضغط الهواء • وعند خروج الهواء من الحجرة يعود المكبس والصفيحة الى الوضعية الاولى (وضعية الاغلاق) بفعل النابض ٧ •

ولا تستخدم بعض التجهيزات (مبدل الاتجاه ، مفتاح المكابح وغيرها) التشغيل المذكور بل تستخدم جهاز يظهر على الشكل (٨٧) ثنائي الفعالية ، حيث يعمل في وضعيتين يدخل الهواء ويخرج من الاسطوانات بفعل الحاكمتين الكهرهوائيتين : وهما :

حاكمة الاقلاع (العمل) وبفعلها يدخل الهواء الى الاسطوانة عند جريان التيار في الوشيعة شكل (٨٨) •

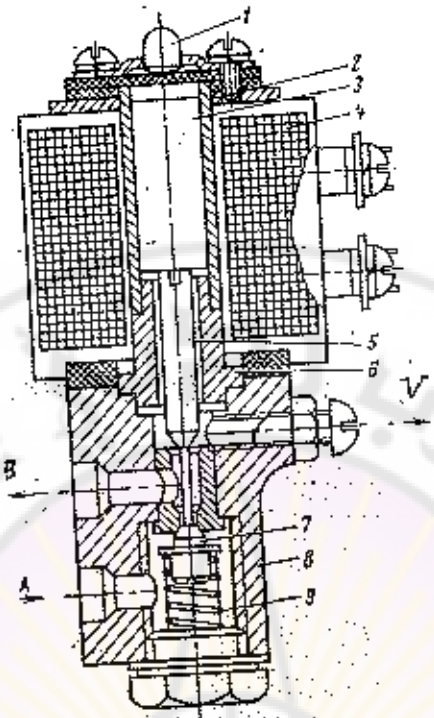


شكل (٨٧)

حاكمة الاغلاق بفعلها يتم خروج الهواء من الاسطوانة عند جريان التيار الكهربائي في الوشيعة على الهيكل ٨ تركب الوشيعة ويوجد في داخلها الاسطوانات ٢ ، ٦ • يتألف الجزء المتحرك من مكبس ٣ ، وصمامات ٥ ، ٧ • يرفع النابض ٩ القسم المتحرك عند انعدام التيار في الوشيعة • وعندها يغلق الصمام السفلي ٧ ، مدخل الهواء المضغوط من القناة A في الاسطوانة (القناة B) ، ويصل الصمام العلوي ٥ ، الاسطوانة بالهواء الجوي من خلال القناة V • وعند جريان التيار في وشيعة المكبس ٣ ، فيهبط القسم المتحرك ، وتغلق القناة V التي تصل بين الاسطوانة والهواء الجوي ، وتفتح قناة الامداد بالهواء المضغوط • تستخدم الكبسة ١ عند الاستعمال اليدوي •

تتميز عناصر التشغيل الهوائية ببعض الصفات وهي :

- الحاجة المستمرة للهواء المضغوط •
- صعوبة عمليات الاستثمار والصيانة والتي تتعلق بجودة الاحكام في الاسطوانة والصمامات •



شـكل (٨٨)

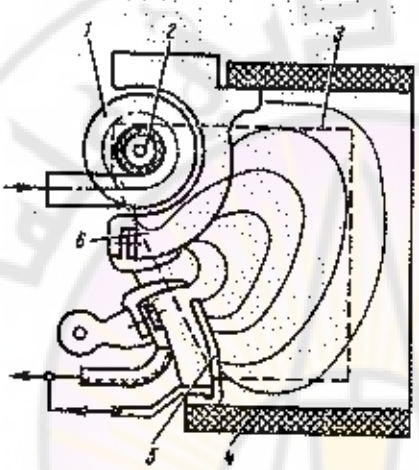
١ـ٣ـ مبـدد الشرارة الكهربائية :

عندما تبتعد عناصر التماس عن بعضها ، تزداد المقاومة بشكل فجائي ، وترتفع حرارة منطقة التماس . ويتشرد الهواء في المنطقة وتحدث شرارة كهربائيـة عندما يكون التيار الكهربائي أكبر من ٠٫١ أمبيرا والجهد بين نقطتي التماس أكبر مـن ١٠ـ٢٠ فولطا . وترتفع الحرارة الى ٢٠٠٠ ـ ٣٠٠٠ درجة مئوية . لذا يجـب الاسراع في تبديد (امتصاص) الشرارة .

إضافة لذلك تظهر قوة محركة كهربائية عند انقطـاع التماس ، ناتجة عـن التحريض الذاتي ، وتتناسب طردا مع سرعة تغيير التيـار الكهربائي في منطقـة التماس .

الطريقة المتبعة لامتصاص الشرارة هي زيادة طولها • وتتلاش الشرارة تلقائيا عندما يكون الجهد والتيار بسيطين • وعند زيادة التيار والجهد ، يلزم تجهيزات اضافية • حيث تستخدم طريقة الامتصاص المغناطيسية للشرارة والمبنية على مبدأ التأثير المتبادل بين التيار المولد للشرارة والحقل المغناطيسي •

تربط في دارة تيار التماس وشيعة ١ شكل (٨٩) ، تتوضع الاقطاب



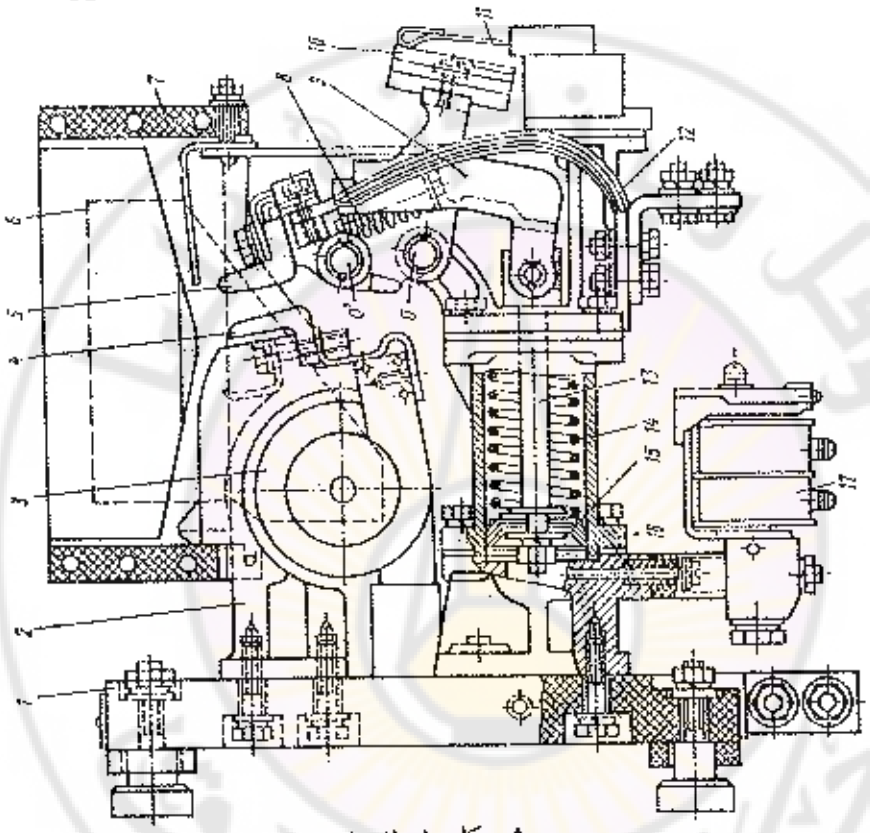
شكل (٨٩)

الفولاذية ٣ على قلب الوشيعة ٢ • يتولد بين الاقطاب حقل مغناطيسي له وجهته الخاصة ، فيحول الشرارة الى جهة اليمين ، تنتقل عندها الشرارة من سطوح التماس الى الصفيحة المعدنية ٥و٦ • ويزداد طولها (المنحنيات الواضحة على الشكل) حتى تتلاش كما أن تحرك الشرارة على السطح البارد للصفيحتين ٦،٥ يساعد على تلاشيها •

تتوضع سطوح حجرة امتصاص الشرارة ٤ بين الاقطاب شكل (٨٩) وهي مصنوعة من مادة مقاومة لتأثير الشارة الكهربائية • وتحمي الاقطاب من الانصهار وتمتص الحرارة وتعدمها • وتجزأ الحجرة عادة الى قطاعات متعددة لزيادة فاعليتها •

١١ـ٤ـ أنواع التماسات المستخدمة :

ـ **التماس الكهروهوائي :** شكل (٩٠) يتألف من قاعدة ١ ، حامل ٢ يحمل القسم الثابت من مجموعة (عناصر) التماس ، الوشيعة المبردة للشرارة ٣ ، تثبت الاسطوانة ١٦ على القاعدة ، ويتصل المكبس ١٥ بالمرفق ٩ بوساطة المحور ١٣ .



شـكل (٩٠)

ويثبت القسم المتحرك ٥ من عناصر التماس على المرفق مع النابض ٨ ، ويقوم السلك ١٢ بتوصيل التيار . كما يركب على المرفق أيضا الفك ١٠ وعليه تماسات متحركة . وتسد الحجرة بالتماسات ٤، ٥ . عند عمل الوشيعة يدخل الهواء الى الاسطوانة وينزاوح المكبس الى اليسين . ويدور المرفق ٩ حول المحور ٥

حتى يحصل التماس ، ويؤدي استمرار دوران المرفق الى دوران العنصر المتحـرك من التماس حول المحور O' والى انضغاط النابض ٨ .

عند انقطاع التيار عن الوشيعة ، يعود عنصر التماس المتحرك الى الوضعيـة الاولى تحت تأثير النابض ١٤ .

تحسب هذه التماسات وتصمم على تيـار ١٠٠٠ ــ ١٢٠٠ أمبير وعلى جهـد ٩٠٠ ــ ١٠٠٠ فولت وتستخدم في القاطرات لوصل محركات الجر بالمولد الكهربائي الرئيس .

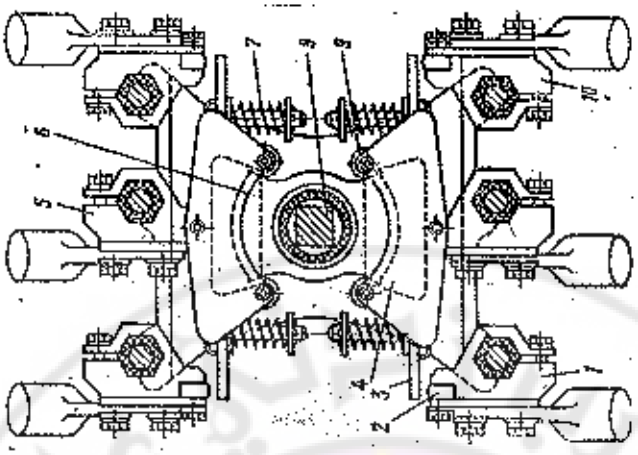
١ــ٥ــ مبدل وجهة الحركة :

مهمته تغيير اتجاه تيار التحريض في محركات الجر ، مما يؤدي الى تغيير اتجاه دوران روتر المحرك ، وتغيير اتجاه مسير القاطرة نتيجة لذلك .

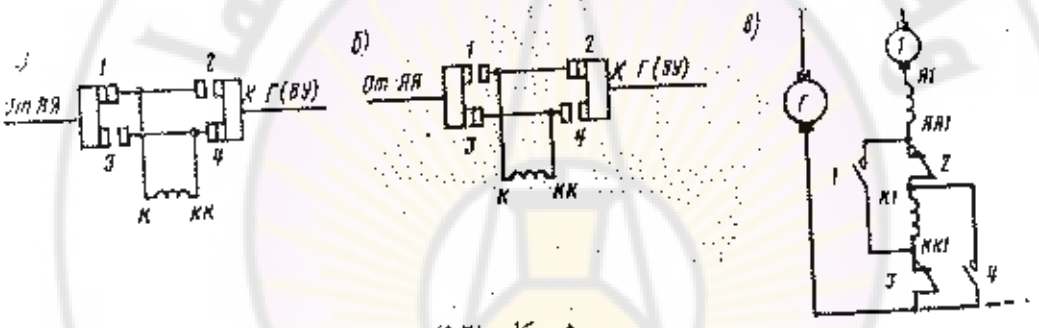
ويتألف من محور ٨ يوجد عليه حدبات ٦ شكل (٩١) متصل بوسيط مؤلف من صفائح مرنة ، يتألف من حجرتين لكل منها صفيحة مرنة ، وترتبـط الصفائـح بترس خطي يتعشق مع محور مسنن ٨ . عند وصول الهواء الى احدى الحجرتين يدور المحور ٨ بزاوية معينة ، وتقدم الحدبات ٦ من خلال المفاصل ٩ بتدوير عنصر التماس والمرفق ٤ ، الذي يحمل العناصر المتحركة ٣ والنوابض ٧ . وتثبت العناصر المتحركة ٢ على القواعد ١٠ .

يظهر على الشكل (٩٢ ــ a) مخطط مرور التيار من مخرج R R روتر محرك الجر من خلال التماس المغلق ١ ، وشيعة تحريض المحرك K - kk ، التماس ٣ المؤدي الى المولد الرئيس r ، أو الى صندوق تقويم التيار By .

عندما يدور محول الجهاز تغلق التماسات ٣،٢ . شكل ٩٢ a ويتغير اتجاه التيار في الوشيعة K - kk . ويظهر على الشكل ٧ مخطط ربـط الميـدل على القاطرة . ويتلقى الاشارة من خلال ذراع خاصـة في حجـرة قيادة القاطـرة .



شـكل (٩١)

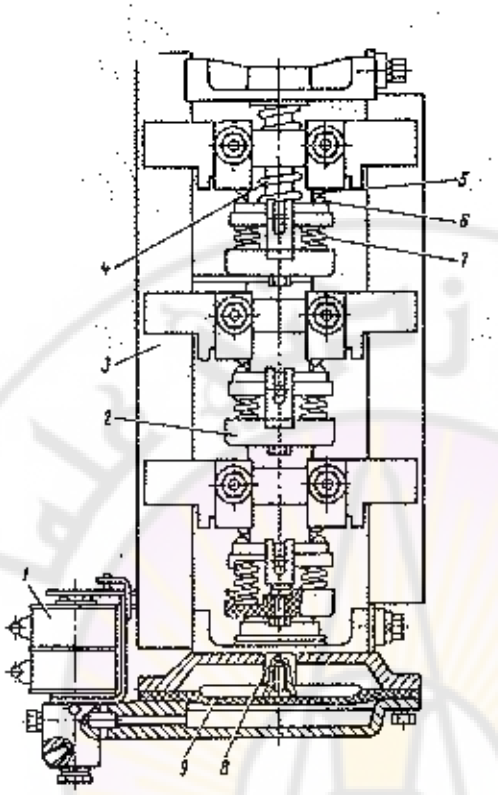


شـكل (٩٢)

ولا يحتوي المبدل على مبدد الشرارات لذا لا يسمح بوصله الا عند انعدام جريان التيار في دارات محركات الجر .

تظهر على الشكل (٩٣) مجموعة تماس مستخدمة لتنظيم عملية تخفيض تيار التحريض في محركات الجر .

يدخل الهواء الى الحجرة الواقعة تحت الصفيحة ٩ ، عند العمل ، وينزاح المحور ٨ وحامل مجموعة التماس ٢ الى الاعلى ، وتغلق العناصر المتحركة ٦ والنابض ٧ العناصر الثابتة ٥ ، الموجودة على عازل في القواعد ٣. تصنع المجموعة

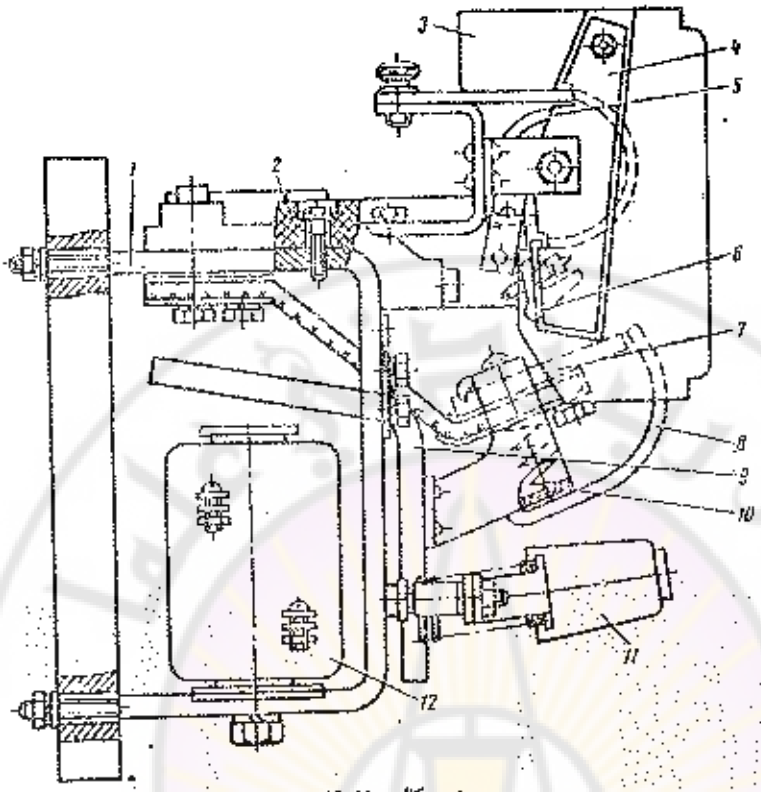


شـكل (٩٣)

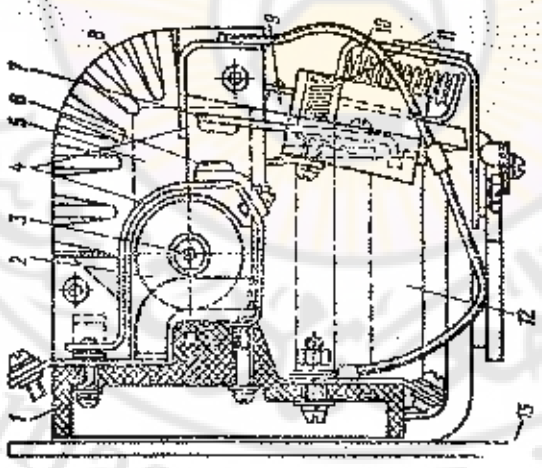
من مادة معدنية سيراميكية (١٥٪ فضة ، ٨٥٪ اكسيد الكادميـوم) مقاومتهـا الانتقالية بسيطة .

وعند الاغلاق تتصل الحجرة الواقعة أسفل الصفيحة المرنة بالهواء الجوي ويعود المحور ٨ الى وضعه الطبيعي بتأثير النابض ٤ .

تظهر على الشكل (٩٤) مجموعة تماس كهرطيسية ، مؤلفة من صفيحة عازلة٢ يوجد عليها وشيعة تفريغ الشرارات ٥ ، وحجرة امتصاص الشرارات ٣ والاقطاب٤ والعناصر الثابتة ٦ ، ويركب العنصر المتحرك ٧ والنابض ١٠ على الروتر ٩.



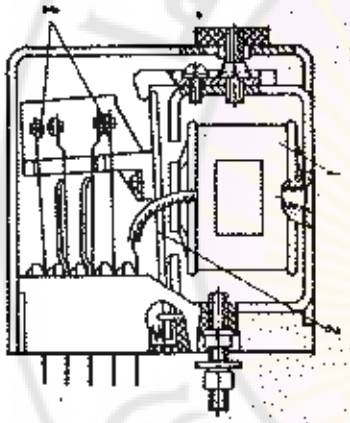
شـــكل (٩٤)



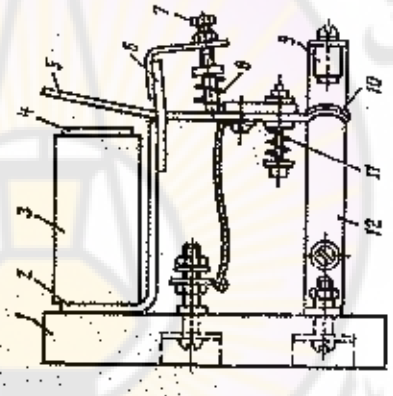
شـــكل (٩٥)

يتم تشغيل مجموعة التماس بوساطة الوشيعة ١٢ ، ويتم وقوفها بتأثير النابض ١٠ وتأثير أوزان الاجزاء المتحركة ذاتها .

وتستخدم في الدائرة الثانوية لتحريض المولد الرئيس والتغذية محرك مضخة الزيت الاولية وغيرها . كما تستخدم مجموعة التماس المبينة على الشكل (٩٥) وهي مؤلفة من وشيعة ١٢ مثبتة على قاعدة معزولة ١ . عند مرور التيار في الوشيعة ، ينجذب المحور المتحرك ٩ الى قلب الوشيعة ويغلق عناصر التماس الثابتة ٦ والمتحركة ٧ . يحدد مسار التماس بالنابض ١١ والاغلاغ بالنابض ١٠ وتحتوي المجموعة على حجرة امتصاص الشرارة ٨ ، وأقطاب ٥ وصفائح ٤ ووشيعة تفريغ ٢ ، وتجمع هذه العناصر على القاعدة ١٣ .



شكل (٩٧)



شكل (٩٦)

١-٦-٣ حاكمة القيادة :

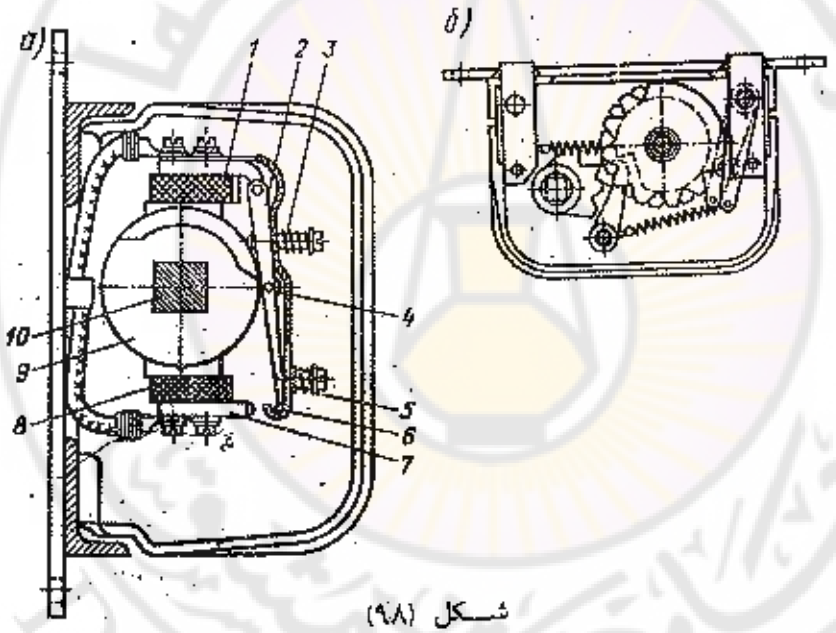
مهمتها وصل دارات قيادة القاطرة وتظهر على الشكل (٩٦) وهي مؤلفة من قاعدة ١ ، تركب عليها الوشيعة ٣ والمغناطيس ٢ على الحامل ٦ الذي يثبت عليه المحورر ٥ وعناصر التماس المتحركة ١٠ ، وتثبت العناصر الثابتة على القاعدة ١٢ . تحتوي الحاكمة على مجموعات تماس مغلقة وأخرى مفتوحة من نوع أصبعي أو

جسري • عند تشغيل الحاكمة ، ينجذب المحور الى القلب ٤ ويغلق التماس (أو يفتح) وتفصل الحاكمة بالنابض ٨، المشدود بالبرغي ٧ •

وتستخدم الحاكمة شكل ٩٧ أيضا وهي مؤلفة من الوشيعة ١ والتماسات ٣•

١ــ٧ــ ذراع القيـــادة (أداة القيادة) :

يستخدم يدويا لقيادة نظام النقل الكهربائي ، والديزل، ولتغيير اتجاه الحركة• يتألف من مجموعة تماس شكل (٩٨) مؤلفة من حدبات ، يركب الذراع ٢ على القواعد المعزولة ١،٨ • ويركب العنصر المتحرك ٦ على الذراع • وتثبت حدبة بلاستيكية ٩ على المحور ١٠ تضغط البلحة ٤ والذراع ٢ على الحدبة بالنابض ٣•



شـــكل (٩٨)

تتألف أداة القيادة من ذراعين متصلين بمحاور الحدبات بوساطة تروس معينة، الذراع الرئيس منهما خمس عشرة أو ست عشرة وضعية عمل ووضعية واحـــدة للعمل على نظام اللا حمل ، وتثبت المواضع بالجهاز شكل ٩٨ b •

لذراع التوجيه ثلاثة وضعيات ، أمام ، خلف ، حر (الصفر)• ولا يمكن تحريكها من الوضعية الحرة الى وضعية العمل الا عندما تكون الذراع الرئيسة في الوضعية الحرة (الصفر) مما يمنع تبديل اتجاه دوران محركات الجر عندما تكون الدارة الرئيسة بين المولد والمحركات موصولة •

٢ ـ تجهيزات القيادة الآلية :

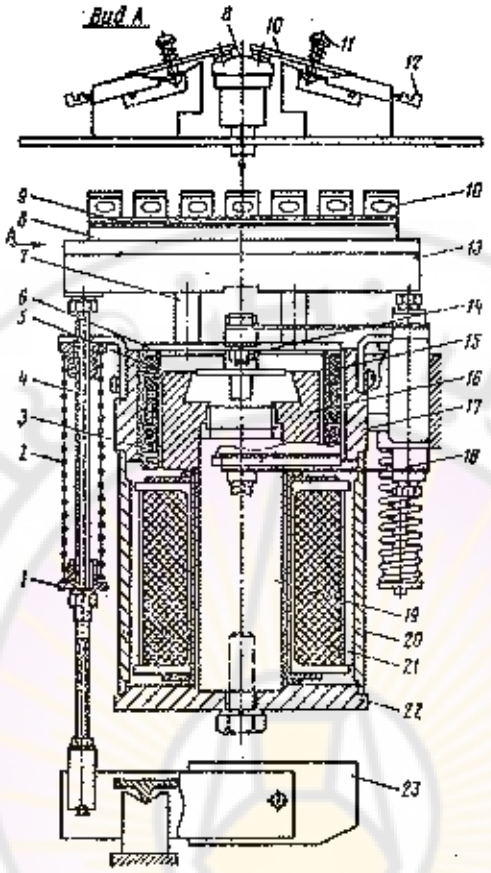
٢ـ١ـ منظمات الجهد الكهربائي :

من المعلوم أن المولد المساعد يغذي دارات القيادة والانارة ويشحن المدخرات، ويتغير دورانه وحمولته في مجالات واسعة • وللمحافظة على مستوى ثابت للجهد في المولد المساعد يستخدم منظم الجهد ، الذي يعمل على مبدأ تغيير تيار التحريض فيه •

يظهر على الشكل (٩٩) منظم جهد مؤلف من وشيعة ثابتة ٢١ ووشيعتان متحركتان (وشيعة الجهد ١٥ ، ووشيعة التيار ٣) • تركب الوشيعتان المتحركتان على هيكل معدني ٥ مثبت على الصفيحة ٦ بالبزال ١٤ ، تتصل الصفيحة ١٣ بالصفيحة ٦ بوساطة العمودين ٧ • وتثبت صفيحة الومنيومية ٨ على الصفيحة ١٣ ويوجد على رأسها تماسات متحركة ٩ •

تثبت الصفيحة ١٣ من الجهة الاخرى بصامولتين ٤ من خلال الجلبة ١ والنوابض ٢ • تتصل الصامولة الامامية ٤ بكتلة معاكسة ٢٣ وتعلق الاجزاء المتحركة على اربعة نوابض صفائحية ١٨ وعلى نابضين حلزونيين ٢ • بحيث تحاول النوابض رفع الاجزاء المتحركة الى الاعلى وتحاول القوة الناتجة عن التأثير المتبادل بين الوشائع الثابتة والمتحركة تحريك الاجزاء المتحركة نحو الاسفل •

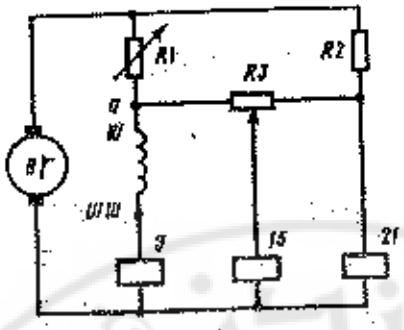
وتركب الاصابع الثابتة ١٠ على صفية التماس ٨ ، وينظم ضغطها بالنوابض ١١ ، وتتصل عناصر التماس بمقاومة مربوطة على التسلسل مع وشيعة تحريض المولد المساعد (من خلال المخارج ١٢)• يتألف مغناطيس المنظم من القلب ١٩ ،



شـــكل (٩٩)

ويتصل بكأس خارجي ٢٠ من خلال القاعدة ٢٢ يستند الكأس الى الهيكل ١٧ ، ويلتف القطب ١٦ على القلب ١٩ .

يظهر على الشكل (١٠٠) مخطط ربط المنظم ، وفيه تربط الوشيعة الثابتة ٢١ على جهد المولد المساعد من خلال المقاومة R_g وتربط وشيعة الجهد ١٥ من خلال المقاومة العكسية $R_{ع}$. كما تربط وشيعة التيار ٣ على التسلسل مع وشيعة تحريض المولد المساعد ويتجه مجالها المغناطيسي ، ليقابل مجال وشيعة الجهد .



شكل (١٠٠)

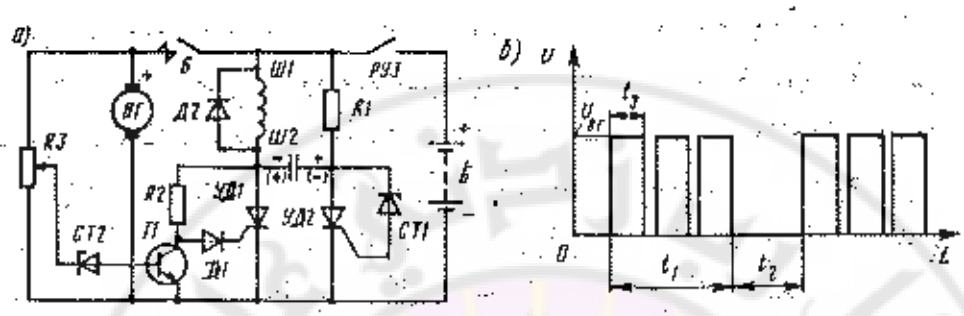
عندما تنزاح الاجزاء المتحركة ، تقوم عناصر التماس المتحركة بغلق (أو فتح) عناصر التماس الثابتة ، فتتغير المقاومة R_1 ويتغير تيار التحريض • وعندما يزداد جهد المولد المساعد تهبط الاجزاء المتحركة نتيجة التأثير المتبادل بين الوشائع الثابتة والمتحركة ، وتفتح الاصابع وتزداد المقاومة في دارة وشيعة التحريض • وعندما ينخفض الجهد تحدث العملية المعاكسة • لزيادة حساسية المنظم يجب تخفيض الفقدان على احتكاك الاجزاء المتحركة •

ويجهز المنظم برابطة كهربائية ومغناطيسية عكسية ، للحصول على نظام عمل مستقر ، ونحصل على الرابطة الكهربائية بادخال الوشيعة ١٥ من خلال المقاومة R_2 ، وعندما يزداد جهد المولد المساعد ، تزداد المقاومة R_1 نتيجة التأثير المتبادل بين الوشائع ١٥ ، ٢١ وينخفض كمون النقطة a وينخفض تيار الوشيعة ١٥ بالنتيجة ، أي يتباطأ ازياح الاجزاء المتحركة ، وعندما ينخفض جهد المولد تحدث العملية المعاكسة •

ونحصل على الرابطة المغناطيسية العكسية ، بوشيعة التيار ، فعندما يزداد تيار التحريض بازدياد جهد المولد الذي يسبب زيادة قوى التأثير المتبادل بين وشائع الجهد ، تقوم وشيعة التيار بابتلاع حقل وشائع الجهد •

تتطلب هذه المنظمات عناية خاصة وصيانة واصلاح مستمرين •

المنظم المبني على تجهيزات من أنصاف النواقل : يظهر على الشكل (١٠١) مخطط عمل منظم ترانزستوري حيث يربط على التسلسل مع وشيعة تحريض $h_1 - h_2$ المولد المساعد Br ، ترانزستور yD_1 .



شكل (١٠١)

عندما يغلق التماس py_3 يصل جهد المدخرات b على الطرف yD_1 ويمر التيار بالمقاومة R_2 والثنائي D_1 والكترود التريستر yD_1 (يبدأ التريستر yD_1 بالعمل)، ويمن عندها التيار الاعظمي في وشيعة التحريض $h_1 - h_2$ ، ويشحن المكثف e من الدارة المؤلفة من موجب المدخرة ، المقاومة r_{∂} ، المكثف e ، تريستر yD_1 ، سالب المدخرة ، وعندما يبلغ الجهد القيمة العظمى على CT_1 ، يمر تيار في التريستر المساعد yD_2 من خلال الكترود التحكم ، وعندها يفتح التريستر yD_2 وتبدأ عملية تفريغ المكثف بالدارة المؤلفة من موجب المكثف ، التريستر yD_2 ، و yD_1 ، سالب المكثف ، حيث يعاكس تيار التفريغ تيار تحريض المولد المساعد المار من خلال التريستر yD_1

عندما تكون سعة المكثف C كافية ، تأتي لحظة يصبح فيها التيار المار من التريستر yD_1 مساويا الصفر ويغلق التريستر .

ويبدأ الشحن المعاكس في المكثف ، بالدارة (موجب المدخرات ، الوشيعة $h_2 - h_1$ المكثف ، التريستر yD_2 ، سالب المدخرات)، ويمر التيار في الوشيعة $h_2 - h_1$ على حساب القوة المحركة الذاتية .

وعندما يزداد الجهد في المكثف C الى حد معين ، يفتح التريستر yD_1 من جديد وهكذا تتكون دارة تناوبية (تبادلية) يعمل فيها التريستران بالتناوب ، ويتعلق تواتر العمل بسعة المكثف C ، المقاومة R_1 ، وجهد CT_1 ، ويستمر العمل حتى يبلغ جهد المولد المساعد المستوى المطلوب . وعندها يبدأ مرور التيار من خلال CT_2 المفتوح ، وقاعدة الترانزيستور T_1 ، بالدارة المؤلفة من موجب المولد المساعدة ، المقاومة R_3 ، T_1 ، CT_2 ، سالب المولد . وتنخفض المقاومة في الترانزيستور T_1 بحدة ويمر التيار في الدور المتناوب في المقاومة R_2 و T_1 متجاوزا بذلك الكترود التريستو yD_1 ، ويبقى هذا التريستر مغلقا وتنتهي العملية . وهذا يؤدي بالنتيجة الى الانخفاض التيار في الوشيعة $h_2 - h_1$ وانخفاض جهد المولد المساعد .

عندما يصبح جهد CT_2 أقل من المستوى الاعظمي ، ينقطع مرور التيار خلال قاعدة الترانزيستور T_1 ، وتزداد مقاومته بحدة ويمر التيار من جديد من خلال الكترود التريستو yD_1 .

يظهر على الشكل ٩٦ b الجهد على الوشيعة $h_2 - h_1$. ومن الواضح ان القيمة الوسطية للجهد ، وتيار التحريض يرتبطان بفترة عمل التريستر yD_1

$$U_e = U_{Br} \frac{q\, t_3}{t_1 + t_2}$$

حيث U_{Br} — جهد المولد المساعد (أو المدخرة).

t_3 — فترة التريستر عندما يكون مفتوحا .

t_1 — فترة عمل دارة التناوب (التريستورات).

t_2 — زمن راحة دارة التناوب .

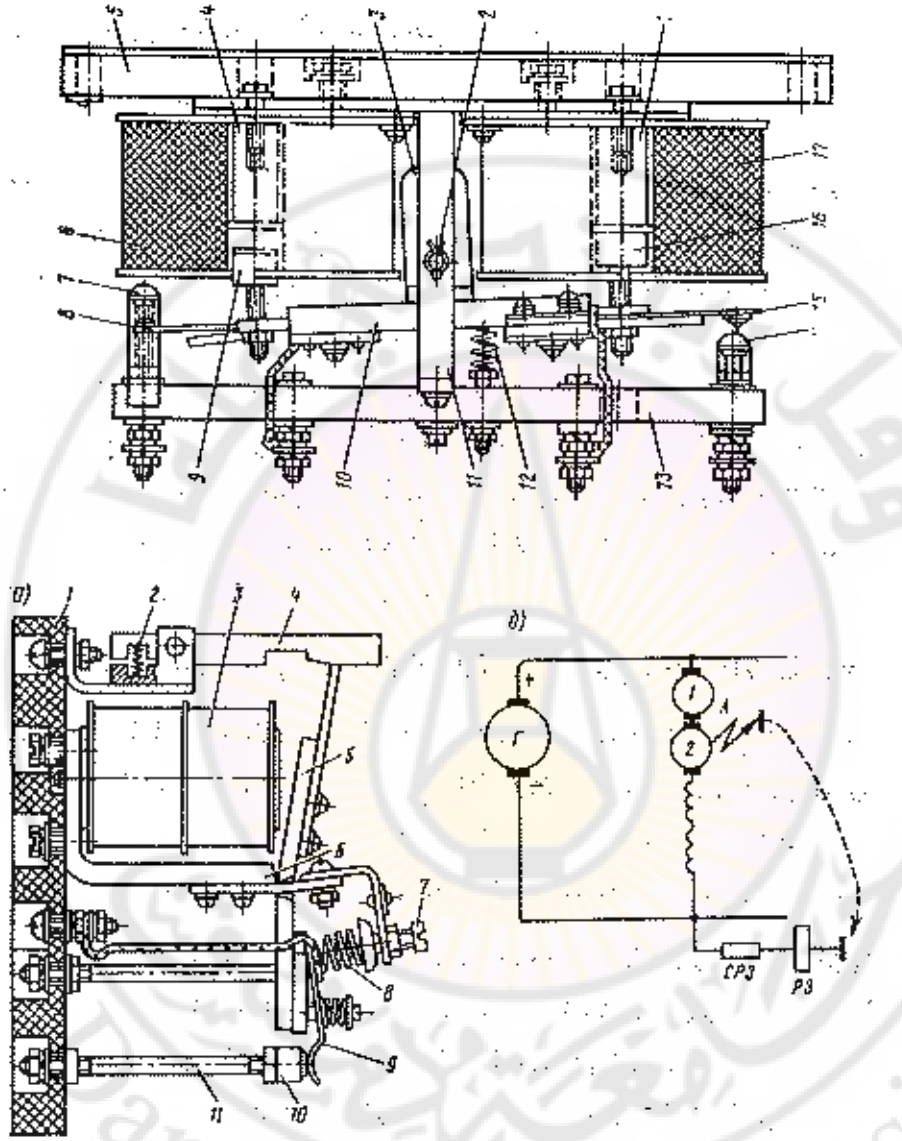
q — التواتر خلال t_1 (عدد الاهتزازات).

٢-٢- حاكمة الانتقال :

مهمتها وصل محركات الجر آليا وتشغيل تماسات تخفيض التحريض فيها . تربط الحاكمة في الدارة الرئيسة في نقاط محددة من المنحني الخارجي للمولد الرئيس ، عند نسب معينة للجهد على التيار . لذا تحتوي حاكمة الانتقال على وشيعتين ؛ وشيعة الجهد ٦ شكل ١٠٢ ووشيعة التيار ١٧ ، يتحرك لسان الحاكمة (الجزء المتحرك) حول المحور ٢ المثبت على الحامل ١١ ، ويثبت الدافع ١٦٠٩ على اللسان ١٠ مع عناصر التماس المتحركة ١٥٠٨ . وتثبت العناصر الثابتة ١٤٠٧ على صفيحة عازلة ١٣ . يحمل النابض ١٢ اللسان ١٠ في حالة فصل وتقوم الكتلة المعاكسة ٣ بموازنة الجملة المتحركة للحاكمة وتخفف من تأثير الاهتزازات فيها وتجمع عناصر الحاكمة على القاعدة الرئيسة .

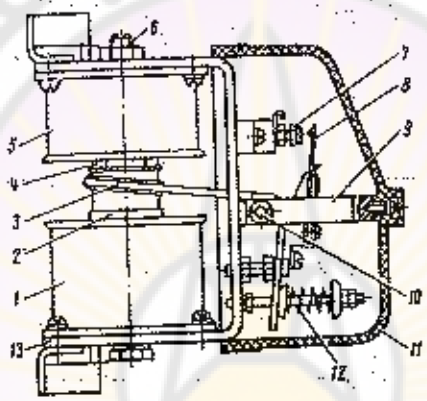
تربط وشيعة الجهد على جهد المولد الرئيس Ur من خلال المقاومة R_2 وتتناسب قوتها المغناطيسية طردا مع الجهد . وتربط وشيعة التيار على التفرع مع وشيعة الاقطاب الثانوية للمولد الرئيس من خلال المقاومة R_1 . وتتناسب قوتها المغناطيسية مع شدة التيار الكهربائي . وتحاول قوة وشيعة الجهد جذب الدافع الى القلب وتشغيل الحاكمة . وتحاول قوة وشيعة التيار مع قوة النابض فصل الحاكمة.

في أثناء حركة القاطرة ، ينخفض تيار المولد بزيادة السرعة ، ويزداد بانخفاضها وفي الحالة الاولى تنخفض قوة وشيعة التيار وتزداد قوة وشيعة الجهد ، وعندما تصبح نسب هذه القوى (مقادير نسب التيار والجهد في المولد) حدا معينا ، ينجذب الدافع الى القلب ،وتغلق الحاكمة التماسات ، وتعطي اشارة لتغيير وصل محركات الجر من مخطط الى اخر (من مخطط تسلسلي الى مخطط تسلساي — متوازي) أو لتشغيل تماسات تخفيض تيار التحريض في المحركات . وتحدث العملية المعاكسة عند تخفيض السرعة .



شكل (١٠٢)

يظهر على الشكل ١٠٣ حاكمة انتقال من نوع آخر ، بسيطة التركيب ، ومحدودة الابعاد، تتألف من وشيعة جهد ١ ووشيعة تيار ٥، يتوضع بينهما اللسان٣ . تركب الوشائع على الناقل المغناطيسي ١٣ على التسلسل . يستطيع قلب وشيعة التيار ٤ الانزياح بمساعدة البزال ٦ ، ويتغير بذلك الخلوص الهوائي بين اللسان والقلب . يثبت اللسان على المحور ١٠، المثبت بدوره على العمود ٩ . ويبقى في حالة الفصل بمساعدة النابض ١٢، وتركب عناصر التماس المتحركة ٨ على لسان الحاكمة ، وتركب العناصر الثابتة ٧ على الصفيحة العازلة الموجودة على الناقل المغناطيسي. تغلف مجموعة التماس وقسم من اللسان مع النوابض بغلاف خارجي ١١ ولا يختلف مبدأ عمل هذه الحاكمة عن سابقتها .

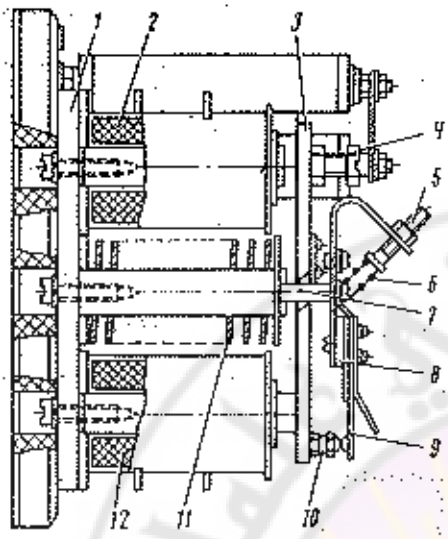


شـــكل (١٠٣)

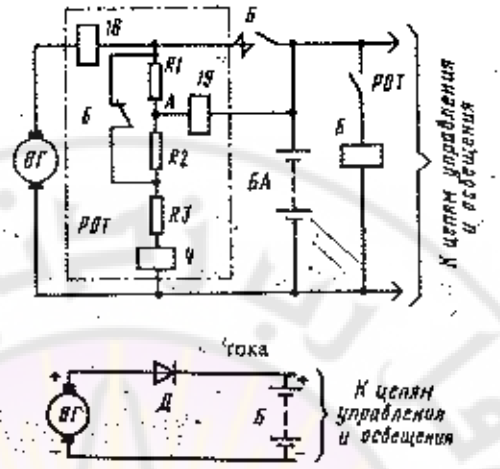
٢ـ٣ـ حاكمة التيار العكسي (المعاكس) :

تنظم عمل المدخرات والمولد المساعدة عند وقوف الديزل عن العمل تغـذي المدخرات دارات القيادة ، والانارة بالتيار ، ويقوم المولد المساعد بهذا العمل في أثناء عمل الديزل . تقوم الحاكمة بوصل المولد المساعد الى دارات القيادة عندما يكون جهده مساويا جهد المدخرات أو أكبر بقليل . ويفصله عن هذه الدارات عندما يصبح الجهد أقل من جهد المدخرات ويجري عندها تيار من المدخرات الـى المولد المساعد .

يظهر على الشكل ١٠٤ حاكمة تيار عكسي مؤلفة من ثلاث وشائع وشيعة



شكل (١٠٥)



شكل (١٠٤)

جهد ٢ ووشيعة تيار ١١ ،ووشيعة تفاضلية ١٢ ، وتؤلف قلوب هذه الوشائع مع القاعدة ١ واللسان ٣ الجملة المغناطيسية للحاكمة • يتأرجح اللسان على العمود ٧ ويحافظ على وضعية الفصل بالنابض ٦ الذي يشد بالبزال ٥• يركب عنصر التماس الثابت ٩ على العمود ٧ من خلال الصفيحة العازلة ٨ ، ويثبت العنصر المتحرك ١٠ على اللسان ، ويحدد المخلوص بين اللسان والقلب بالبرغي ٤ •

ويظهر على الشكل مخطط وصل هذه الحاكمة ، عند وقوف الديزل ، حيث ان التماس b والحاكمة مغلقتان ،وكما ذكرنا تغذي المدخرات دارات القيادة والانارة ، وعندها يجري تيار من المدخرات بالوشيعة التفاضلية ١٩ ، ويتفرع في النقطة A الى الى فرعين ، يمر أحدهما في وشيعة الجهد ٤ ويمر الآخر في وشيعة التيار ١٨ ، وبما أن التيار ضئيل ، فان تأثيره على عمل الوشائع مهمل ، وتحفظ قوة الوشيعة التفاضلية وقوة النابض الحاكمة في وضعية الفصل •

وبعد اقلاع الديزل يجري في وشيعة الجهد ٤ تيار يتبع جهد المولد المساعد Br والمقاومة R_3 ، ويبدأ تيار الوشيعة التفاضلية بالتناقص لانه يتعلق بقيمة الفرق بين جهد المدخرات وجهد المولد المساعد U_{BA} ، U_{Br} وعندما يتساوى الجهد U_{BA} و U_{Br} ، ينعدم التيار في الوشيعة ، وعندما يصبح $U_{BA} < U_{Br}$ يغير اتجاهه ، وعندما يصبح $U_{Br} - U_{BA} = 2 \div 3$ v ، تبدأ الحاكمة بالوصل تحت التأثير المشترك لوشيعة الجهد والوشيعة التفاضلية ، الذي يتغلب على قوة النابض وتغلق مجموعة التماس POT في دارة وشيعة التماس b ويغلق هذا التماس ، وتبدأ من هذه اللحظة عملية تغذية دارات القيادة والانارة وشحن المدخرات من قبل المولد المساعد • ويضم التماس b المقاومات R_4 ، R_3 الى دارة وشيعة الجهد ، مهيئاً بذلك الحاكمة للفصل في الوقت المناسب • ويجري تيار المولد المساعد بالكامل في وشيعة التيار ، وتعمل عندها هذه الوشيعة مع وشيعة الجهد لابقاء الحاكمة في وضعية الوصل (العمل)•

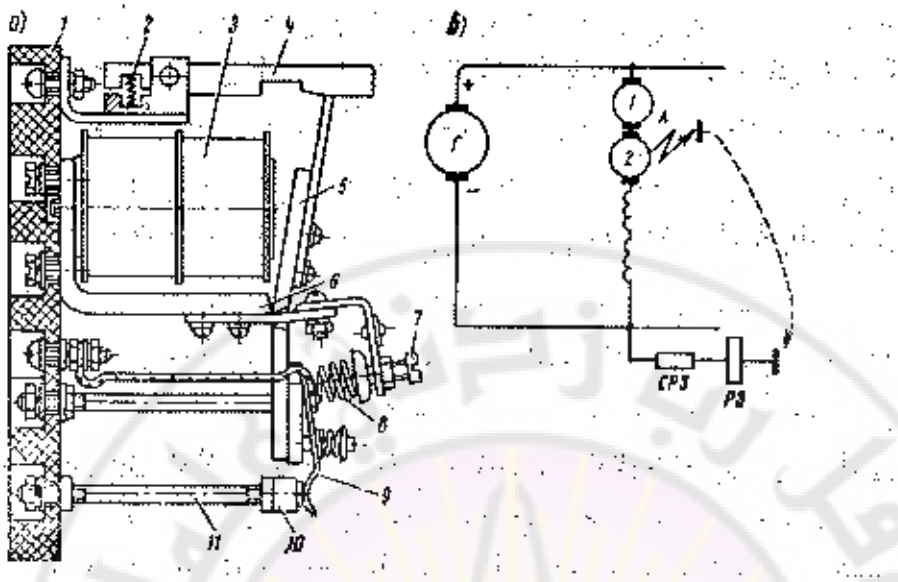
وعندما يصبح جهد المولد أقل من جهد المدخرات (وقوف الديزل مثلا أو لسبب ما)• يتغير اتجاه تيار الوشيعة ١٨ وتنفصل الحاكمة ، ويقوم التماس b بفصل المولد المساعد عن دارات القاطرة •

هذا ويمكن بسهولة استخدام الثنائي المصنوع من أنصاف النواقل ، الذي يظهر على الشكل السابق • فعندما يزداد جهد المدخرات عن المولد المساعد يفصل الثنائي ، وينعدم تيار الشحن ، وعندما يصبح $U_{Br} > U_B$ يسمح الثنائي للتيار بالمرور وتتغذى الدارات بتيار المولد المساعد •

٣ ـ تجهيزات الحماية :

٣ـ ١ـ حاكمة التاريض :

مهمتها رفع الجهد عن الدارة الرئيسة عند حدوث تماس مع الهيكل ،



شـــكل (١٠٥)

ويحدث هذا التماس بسبب تلف طبقات العزل أو غيرها . ولكن التماس الوحيد لا يحدث تغير في عمل التجهيزات الكهربائية ، الا إذا حدث تماس آخر وعندها يمكن أن تحدث أعطال فادحة . لذا وجب تركيب حاكمة تأريض لتفريغ الجهـــد الكهربائي .

تظهر على الشكل ١٠٥ a حاكمة تأريض مؤلفة من قاعدة رئيسة ١ ، وشيعة ٣ ، ناقل مغناطيسي ٦ ، ولسان ٥ ، يحتفظ اللسان بوضعية الفصل بوساطة النابض٨، ويشد النابض بالبرغي ٧ . يركب عنصر التماس المتحرك ٩ على اللسان ، ويركب عمود العنصر الثابت ١٠ على القاعدة الرئيسة .

يثبت اللسان في حالة الوصل بالذراع ٤ والنابض ٢ .

يظهر على الشكل ١٠٥ b . مخطط وصل المحاكمة . عندما يحدث تلف الطبقة العازلة ، ويحدث التماس مع الهيكل (النقطة A مثلا)، يجري جزء من

تيار المولد بالدائرة (موهب المولد r ، نقطة التماس A ، هيكل القاطرة ، وشيعة الحاكمة Pz ، المقاومة CPz ، سالب المولد r) فتعمل الحاكمة ، وتفصل دارة وشائع مجموعة التماس ، التي تفصل دائرة تحريض المحرض والمولد الرئيس ويرفع جهد المولد بالكامل . ويختفي عندها التيار في وشيعة الحاكمة ، لكن الزراع ٤ تمنع فصل الحاكمة ، لان عودة الوصل الفجائي ، وجهد المولد يمكن ان يحدثا نتائج بالغة الخطورة .

من سلبيات مخطط وصل هذه الحاكمة هو انعدام حماية قسم كبير من الدائرة الرئيسة ، من جهة القطب السالب في المولد الرئيس ، بسبب انخفاض الجهد في هذه المنطقة ، لان هناك مقاومة موصولة على التسلسل ... مهمتها تحديد التيار المار عبر الوشيعة عند الطوارىء (تماس مع الهيكل) .

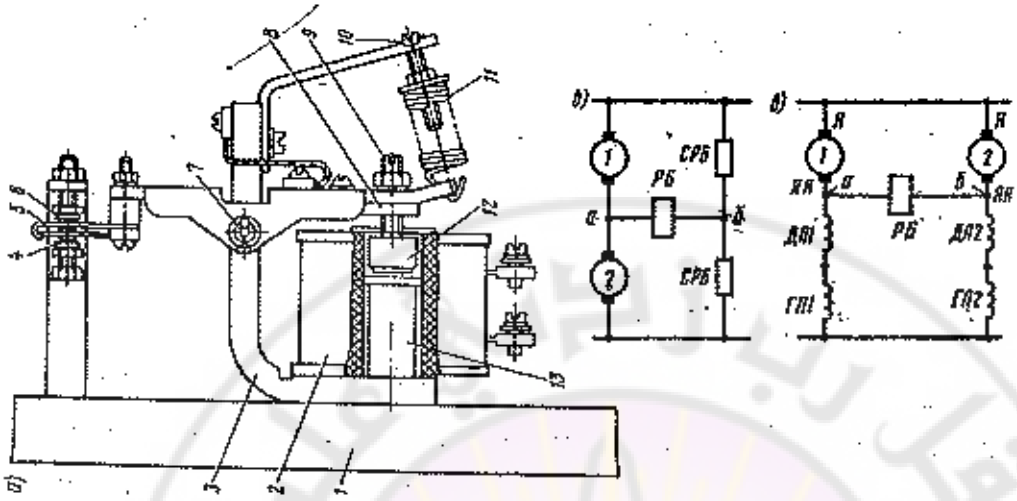
وتعمل الحاكمة عندما يصبح الكمون في نقطة التماس نسبة للهيكل (٨٠ـ ٩٠ فولت) . وتظهر وشائع الاقطاب الرئيسة في محركات الجر ، مبدلات الاتجاه ، مجموعات التماس ، ومقاومات تخفيض التحريض وكأنها غير محمية .

٣ـ٢ـ حاكمة التزحلق :

مهمتها كشف تزحلق محاور العجلات ، والتأثير على نظام النقل الكهربائي للقضاء على مسببات التزحلق الجاري واعلام الميكانيكي بذلك . تظهر على الشكل ١٠٦ a حاكمة تزحلق .

تحتوي على وشيعة ٢ ، مركبة على ناقل مغناطيسي ٣ ، يثبت اللسان ٨ على المحور ٧ الذي يحمل الدافع ١٢ وعنصر التماس المتحرك ٥ أيضا . وتثبت وضعية الدافع بالبزال ٩ .

يبقى اللسان في وضعية الفصل بوساطة النابض ١١ والبزال العياري ١٠ . وتركب العناصر المتحركة ٦،٤ على القاعدة الرئيسة ، التي تحمل ثلاث حاكمات تزحلق تؤلف فيما بينها مجموعة التزحلق .

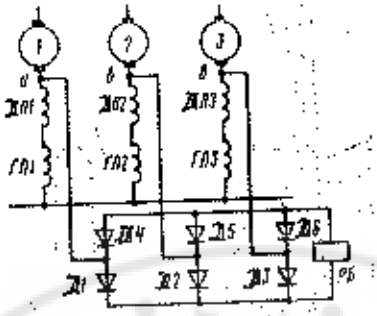


شـــكل (١٠٦)

يكشف التزحلق بمقارنة جهد محركات الجر أو تيارها ، في محاور العجلات المتزحلقة وغير المتزحلقة ، وعند ظهور التزحلق (زيادة دوران العجـــلات) يزداد جهد المحرك المركب على المحور المتزحلق ، وينخفض الجهد في المحرك الموصول معه على التسلسل ، ويتولد فرق جهد في قطر الجسد المتولد من روتر المحرك الاول ١ وروتر المحرك الثاني والمقاومة CPb b شكل ١٠٦ وتبـــدأ الحاكمة Pb بالعمـــل (الوصـــل) .

وعند الربط المتفرع للمحركات شكل (١٠٦ B) تصل الحاكمة Pb بـــين مخارج المحركات . وعند تزحلق أحد المحاور ينخفض تيار روتر المحرك في هـــذا المحور وينخفض الجهد في النقطة a أو فـــي b ، وتبدأ الحاكمة بالعمل عندما يجري التيار في وشيعتها نتيجة فرق الجهد بين النقطتين a ، b .

ولهذا المخطط سلبية شاملة وهي ، عدم امكان كشـــف التزحلـــق المتزامن بسرعات متقاربة للعجلات ، التي تراقبها حاكمة واحدة . لذا يـــستخدم المخطط شكل ١٠٧ .



شـــكل (١٠٧)

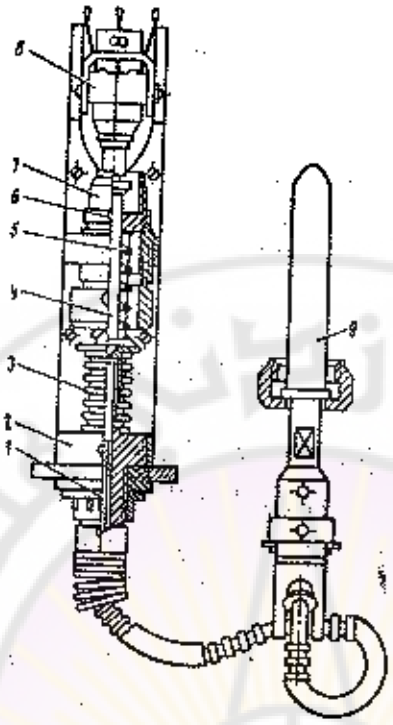
عندما يحدث تزحلق بمحور المحرك ، ينخفض جهد النقطة a ويمر تيار من وشيعة الحاكمة Pb من النقطة ذات الجهد الاعلى b أو من خلال الثنائي D_3 ، D_2 والوشيعة Pb والثنائي D_1 الى النقطة a .

يكشف هذا المخطط التزحلق اذا كان أحد المحاور لا يتزحلق ، ولا يعمل المخطط اذا تزحلقت جميع المحاور معا • ولمنع التزحلق يجب تخفيض العزم أو الاستطاعة في محرك المحور المتزحلق ، لذا يدخل تماس من حاكمة التزحلق في دارة تحريض المولد الرئيس • ويقوم بتخفيض تحريض المولد واستطاعته ، ويعطي التماس الاخر الاشارة الى الميكانيكي •

٣-٣- حاكمة مراقبة الحرارة :

تظهر هذه الحاكمة على الشكل ١٠٨ وتتألف من جسم ٢ وخزان حراري ٩ موصولين بأنبوب ١ مملوء بسائل سريع التبخر ويركب الخزان ٩ في الانبوب الذي يجري فيه السائل•

عند ارتفاع الحرارة يتبخر السائل ويضغط البخار على قاعدة الانبوب ٣، متغلبا على قوة شد النابض ٥ ، وينزاح الذراع ٤ ضاغطا على كبسة المفتاح الدقيق٨ •



شـكل (١٠٨)

تتحكم العزقة ٧ والبزال ٦ بقوة شد النابض (بدرجة الحرارة التي تبـدأ الحاكمة خلالها بالعمل)•

هذا ويصل عدد الحاكمات الحرارية الى أربعـة في دارات القيـادة علـى القاطـرة •

٣ـ٤ـ حاكمة ضغط الزيت :

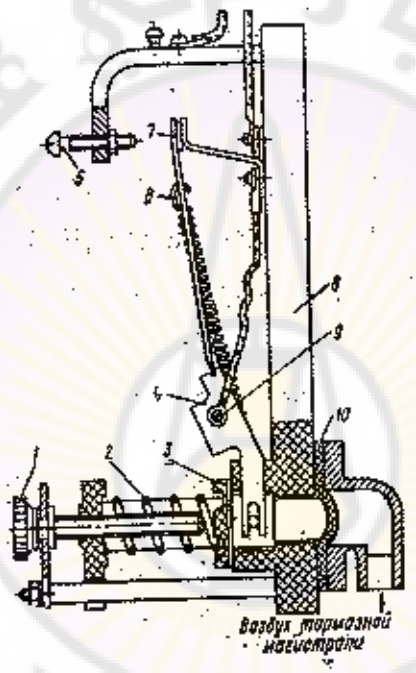
مهمتها مراقبة ضغط الزيت في نظامه ، يجري فيها الزيت وتشبه الحاكمـة الحراريـة •

٣ـ٥ـ حاكمة ضغط الهواء :

تراقب ضغط الهواء في الدارة الرئيسة للمكابح شكل (١٠٩) • حيث يصل

الهواء الى الصفيحة ١٠ وينزاح الدافع ٣ متغلبا على قوة شد النابض ٢ ، ويدور الذراع ٤ حول المحور ٩ .

ويتجاوز الذراع وضعية التوازن عند ضغط معين للهواء (يحدد بقوة شد النابض بوساطة البزال ١) وتنزاح شوكة التماس ٧ الى اليسار بتأثير النابض ٦ مغلقة بذلك الدارة بوساطة التماس ٥ . تجمع عناصر الحاكمة على القاعدة الرئيسة ٨ .



شكل (١٠٩)

٤ ــ التجهيزات الخالية من عناصر التماس :

وهي نوعان :

١ ــ التجهيزات المغناطيسية .

٢ ـ تجهيزات أنصاف النواقل •

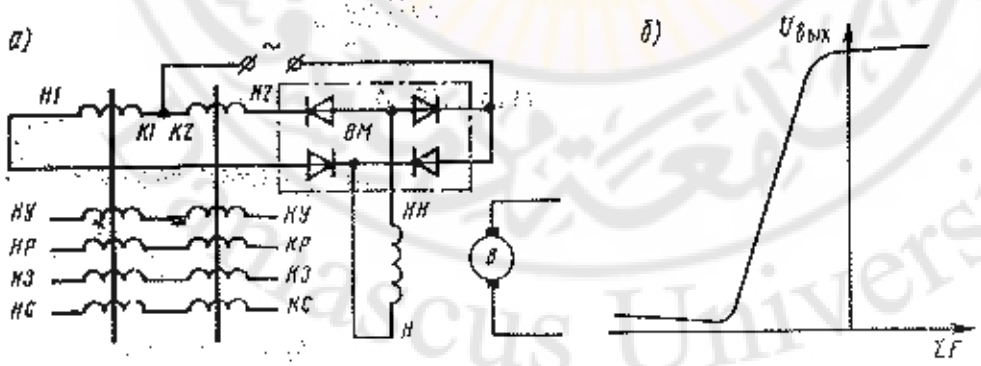
تتمتع هذه التجهيزات بالوثوقية العالية نظرا لانعدام وجود عناصر التماس فيهـا •

١١ـ١ـ التجهيزات المغناطيسية :

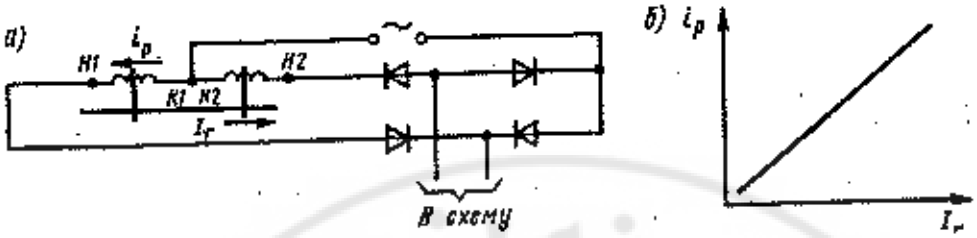
وأهمها المقوي المغناطيسي المستخدم في دارات التحريض ويظهر على الشكل (١١٠) مخطط هذا المقوي ، ويتألف من الوشائع العاملة $H_2 - K_2$ ، $H_1 - K_1$ وتربط متقابلة على التسلسل ، ووشائع القيادة y ، p ، z ، c ويحتوي على رابطة داخلية عكسية •

يغذي جهد الخرج u وشائع تحريض محرض المولد الرئيس من خلال المقوم BM وتظهر على الشكل ١١٠ b العلاقة بين جهد الخرج ومحصلة القوى المغناطيسية ΣF للوشائع • ويستخدم في بعض دارات تحريض المولدات الرئيسة ، محولات التيار المستمر ومحولات الجهد ، مهمة الاولى قياس تيار المولد أو محرك الجر ، ومهمة الثانية قياس الجهد •

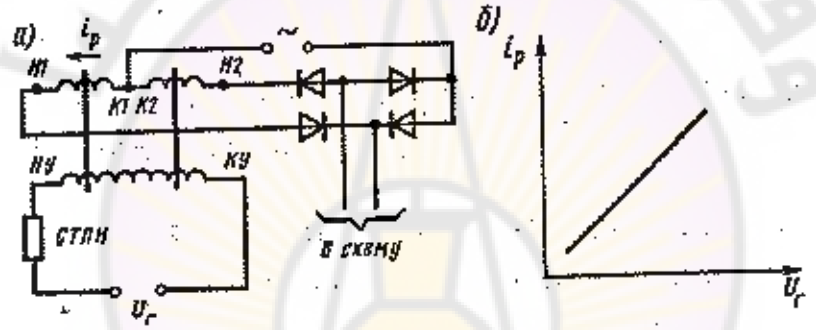
وتحتوي المحولات على وشيعتين عاملتين $H_2 - K_2$ ، $H_1 - K_1$ شكل (١١١) ، (١١٢ a) وتربط متقابلة على التسلسل ، وتتألف وشيعة القيادة في محولات التيار من ناقل يمر من نافذة في القلب ، الذي يجري فيه التيار المقيس I_1



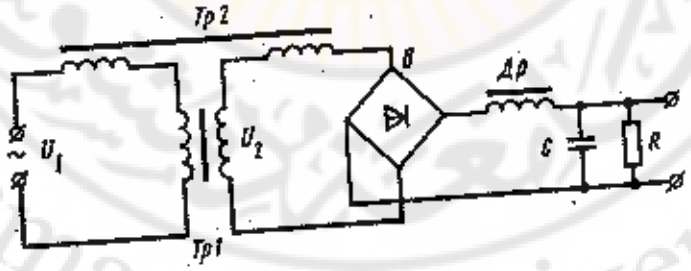
شكل (١١٠)



شـــكل (١١١)



شـــكل (١١٢)



شـــكل (١١٣)

وتقع وشيعة محول الجهد y في قلب الوشيعتين العاملتين ، وترتبط على جهد المولد الرئيس U_r من خلال المقاومة CTnH .

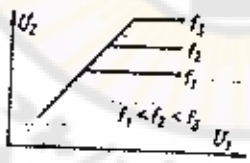
تقوم تيارات الخرج U_1 في المحولات ، وتدخل في مخطط قيادة تحريض المولد الرئيس ، وتظهر على الشكل ١١١ b ، ١١٢ b خواص هذه الحمولات .

٤ـ١ـ١ـ دارة عداد السرعة :

مهمتها توليد جهد يتناسب مع عدد دوران عمود المرفق في الديزل شكل (١١٣) . يغذي مولد التيار المتناوب (جهد u_1 ، تواتر F) وشيعة المحول Tp_3 الاولية . (الجهد يتناسب مع دوران الديزل) .

يتم اختيار مؤشرات المحول وعوامل (أبعاده ، مادته ، عدد لفات الوشائع) بحيث يتناسب جهد الوشيعة الثانية U_2 مع التواتر F ولايتعلق بالجهد U_1 شكل ١١٤ (في مجالات محددة للجهد U_2) .

وللحصول على علاقة خطية دقيقة بين U_2 ، f شكل ١١٠ ، يربط المحول T_{R_2} بحيث تكون الوشيعة الاولية متطابقة مع الوشيعة الاولى للتحول الاول T_{R_1} . والوشيعة الثانية متقابلة مع وشيعة الخرج في المحول الاول ، ويقوم جهد الخرج بالمقوم B .



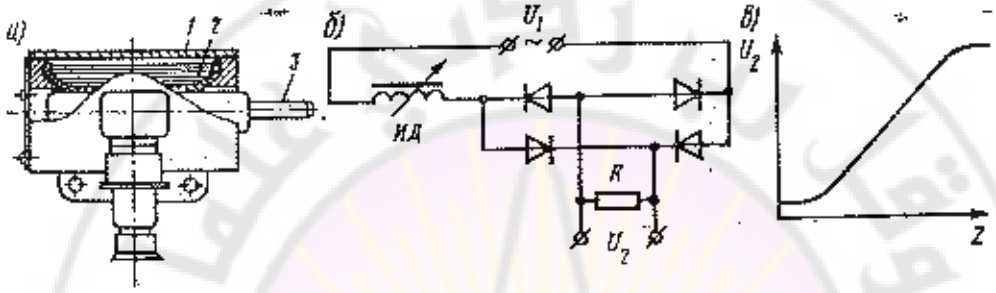
شكل (١١٤)

٤ـ١ـ٢ اداة المطابقة بين استطاعة الديزل والحمولة :

مهمتها المحافظة على المساواة بين استطاعة الديزل واستطاعة الحمولة ،

وتتألف من ناقل مغناطيسي ١ شكل ١١٥ ، وشيعة ٢ ، وقلب ٣ مرتبط مع ذرراع منظم دوران الديزل .

عند ازياح القلب تتغير مقاومة الوشيعة الذاتية ، واذا كان الجهد U_1 ثابتا شكل ١١٥ b يتغير عندها التيار المار بالوشيعة . يقوم هذا التيار ويؤخذ الجهد U_2 عن مقاومة الحمولة Z (يتناسب الجهد مع ازياح القلب شكل ١١٥ R) .



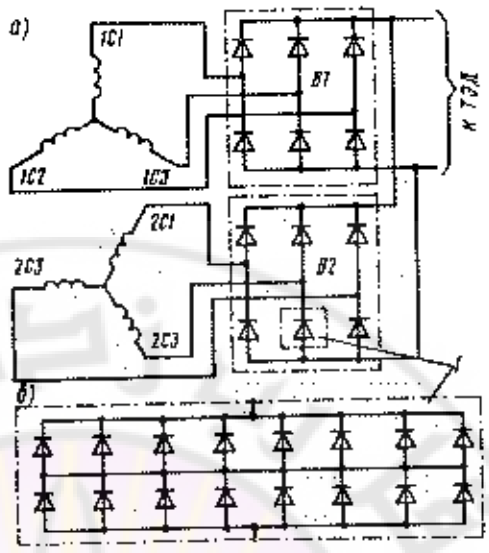
شـكل (١١٥)

٤ـ٢ـ تجهيزات انصاف النواقل :

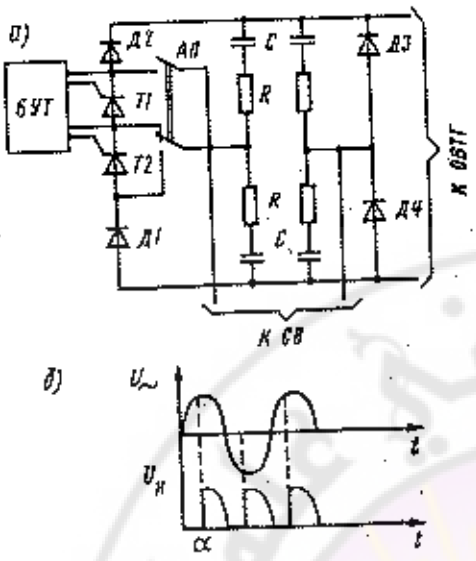
٤ـ٢ـ١ـ مقـوّم الجهـد :

مهمته تحويل الجهد المتناوب المتولد عن المنوبة المتواقتة الرئيسة الى جهد مستمر . يظهر على الشكل (١١٦) مخطط تقويم جسري ثلاثي الاطوار .

يتألف المقوم من جسرين B_1 ، B_2 لان ثابت المنوبة يحتوي على وشيعتين (نجميتين) . يحتوي كل مرفق من كل جسر على ثنائيات موصولة على التسلسل ، لأنها تتحمل مرور كامل التيار ، وتحسب كمية الثنائيات انطلاقا من مقدار التيار ، ويتم وصلها بشكل ثنائي على التسلسل أيضا لزيادة وثوقية المقوم ، وخوفا من عطل طارىء في احداها .



شكل (١١٦)



شكل (١١٧)

وتستخدم أيضا المقومات المدارة التي تقوم الجهد وتنظمه ويظهر مخطط هذه المقومات على الشكل ١١٧ ، والتي تستخدم في دارة تحريض المولد الرئيس .

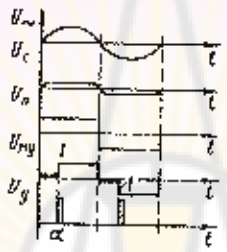
وهو مخطط جسري أحادي الطور ، يربط في المرفق الاول ترستران T_2 ، T_1 وفي المرفق الثاني ثنائيان D_4 ، D_3 .

ويبدأ التريستر بالعمل (الوصل) عند اعطاء نبضة على المسرى القائد في لحظة من الزمن α شكل ١١٧ b ، ويصل الجهد الى الحمولة ، وبذلك يمكن تنظيم (معايرة) الجهد الذي يغذي وشائع تحريض المولد OB ، بتغيير α .

يعمل الثنائيان الاحتياطيان D_2 ، D_1 عند حصول عطل طارئ في التريسترات أو في صندوق التنظيم byT ويجب عندئذ وصل المفتاح An ، ويصبح عمل المقوم دون تنظيم أو معايرة (عادي) .

لحماية الثنائيات والتريستورات من ارتفاع الجهد الذي يتولد عند وصلها ، يضاف لكل منها حلقة RC على التفرع .

تقوم المجموعة byT بمعالجة وتقويم النبضات ، حيث يصل الجهد المتناوب U~ على مداخل المجموعة ٩ ، ١٠ بشكل متزامن مع الجهد الذي يغذي المقوم المنظم ويقوم الجهد U_c شكل (١١٨) بوساطة العناصر CT_1 و CT_2 ويصل من خلال المقاومة R_1 والثنائي D_1 ، D_2 الى الرابطة الانتقالية للترانزيستورات T_1 ، T_2 بعد كل نصف دور بالتناوب . وتصل الترانزيستورات بالتناوب الوشائع W_1 ، W_2 في المحول T_{R_1} بمصدر الجهد المستمر الوارد الى المداخل ١١ ، ١٢ .



شكل (١١٨)

وتؤمن وشائع الرابطة العكسية W_3 ، W_4 الوصل الدقيق للترانزيستورات، ويقوم بنتيجة ذلك الجهد المتناوب على الوشيعة الثانية W_5 في المحول T_{R_1} الشكل الرباعي على شكل (١١٨) ويصل هذا الجهد الى وشائع المقوي المغناطيسي P_1 ، P_2 شكل (١١٥) . الذي تربط وشيعته القائدة oy مع مخرج المخطط الرئيس . فيتولد على مخرج المقوي المغناطيسي جهد U_{My} شكل (١١٨) جبهته الامامية المحددة بمقدار التيار المار في الوشيعة oy . (في أنصاف الادوار) . ويصل هذا الجهد الى الرابطة الانتقالية الاساسية للترانزيستور T_3 و T_4 من خلال المقاومة R_8 ، المكثف C_1 ، الموازن المقوم CT_3 ، CT_4 والثنائي D_7 ، D_8 . وتقوم الترانزيستورات بوصل الوشائع W_1 ، W_2 في المحولات

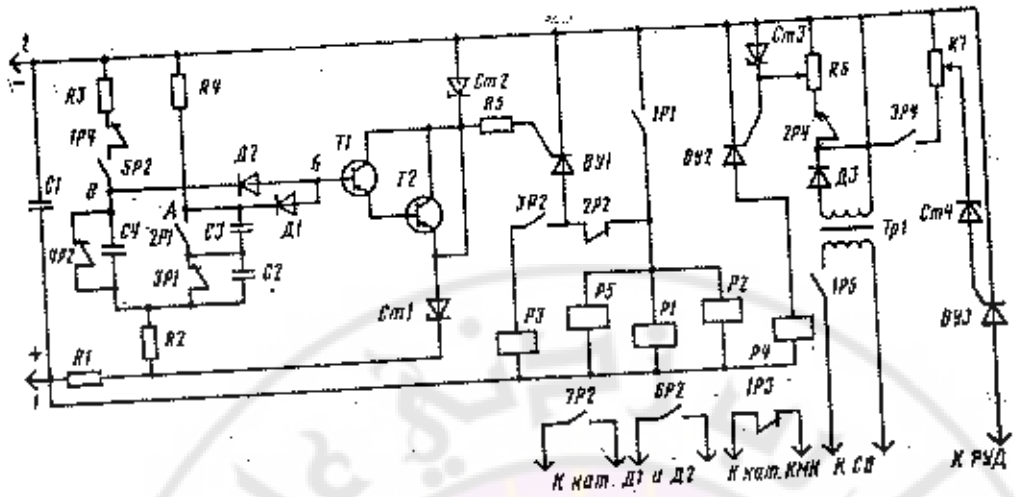
T_{R_3} ، T_{R_2} بمصدر الجهد المستمر بشكل متناوب ، ويظهر على مخرج الوشائع الثانية W_2 ، W_4 ، نبض الجهد U_4 رباعي الشكل شكل (١١٨) (يتحدد وضعه نسبة لـ U_{oy} بقيمة تيار الوشيعة) • ويصل النبض الى المسرى القائد في التريستر T_1 أو T_2 شكل (١١٧) من خلال الثنائي D_{11} والمقاومة R_{11} (أو D_{10} ، D_{10}) فيقوم بتشغيله •

يحمي المقوم CT_6 ، CT_5 الترانزيستورات T_4 ، T_3 من ارتفاع الجهد ويحمي الثنائيان D_9 ، D_{12} التريستورات من الجهد المعاكس •

٤-٢-٢- مجموعة اقلاع الديزل :

يظهر مخطط هذه المجموعة على الشكل ١١٩ ، ومهمتها تدويس الديزل ، ومراقبة فترة تشغيل محرك مضخة الزيت الاولية MH (مدة ٦٠ ثانية) • مراقبة فترة الاقلاع (١٢ ثانية) ، مراقبة فترة التوقف (٣ ثواني) وفصل المجموعة بعد الاقلاع •

في الوضعية البدائية تكون الحاكمتان P_5 ، P_1 مفصولتان ، وعند الضغط على كبسة الاقلاع (أمر الاقلاع) يصل الجهد الى المخارج ١ ، ٢ من المدخرات ، ويصل جهد التغذية الى المقاومة R_4 من خلال المقاومة R_2 والتماس $3P_1$ والمكثف C_3 ويكون كمون النقطة A أكبر من كمون النقطة b ، مما يجعل الثنائي D_1 والترانزيستور T_2 ، T_1 مفصولين • وتصل التغذية الى وشيعة التماس KMH من خلال التماس $1P_3$ فيبدأ محرك مضخة الزيت MH بالعمل ، وبازدياد عملية شحن المكثف C_5 ينخفض كمون النقطة A ويصبح أقل من كمون النقطة b بعد ٦٠ ثانية ، وعندها يبدأ الثنائي D_1 بالعمل وكذلك الترانزيستورات T_2 ، T_1 ، ويصل الجهد الى المسرى القائد في التريستر By_1 من خلال المقاومة R_6 ، ويبدأ بالعمل مع الحاكمات P_1 ، P_2 ، P_5 من خلال التماس $2P_2$ ، وعندها يغذي التماس $1P_1$ وشائع الحاكمات P_1 ، P_2 ، P_3



شـكل (١١٩)

متجاوزا التريستر By_1 ، وتفصل التماسات $2P_2$ ، $3P_2$ الحاكمات عن التريستر ، وتوصله مع الحاكمة P_3 .

عندما تبدأ لحظة تشكيل التماسات ينفصل التريستر By_1 ، ويغلق التماس $2P_1$ المكثف C_3 وتغلق الترانزيستورات T_1 ، T_2 نتيجة لذلك .

ويقوم التماس $3P_1$ بتشغيل المكثف C_2 مبتدئا بذلك حساب الفترة الزمنية الثانية وتقوم التماسات $4P_2$ ، $5P_2$ بتشغيل المكثف C_4 وتبدأ عملية حساب الفترة الزمنية الثالثة ، وتقوم التماسات $6P_2$ ، $7P_2$ بتشغيل التماسات D_1 و D_2 ايذانا ببدء عملية اقلاع الديزل ، ويصل التماس $1P_5$ الوشيعة الاولى للمحول T_{R_1} مع المحرض المتواقت CB .

هذا وهناك حالتان لعملية الاقلاع :

ـ اذا استطاع المولد المقلع تدوير الديزل خلال ثلاث ثوان على الاكثر ، فان

جهد وشيعة المحول TR_1 الثانية يبلغ مقدارا كافيا لتشغيل التريستر By_2 وعمل الحاكمة P_4 ، التي تفصل المكثف e_4 بوساطة التماس $1\ P_4$ • ويفصل التماس $2\ P_4$ المسرى القائد للتريستر By_2 ، والتماس $3\ P_4$ يقوم بوصل المسرى القائد في التريستر By_3 .

ـ اذا لم يبلغ دوران الديزل الحد المطلوب خلال ٣ثوان ، يشحن المكثف C_4 ويصبح كمون النقطة B أقل من كمون النقطة A • ويقوم الثنائي D_2 والترانزيستورات T_1 ، T_2 بتشغيل التريستور By_1 ، الذي يقوم بتشغيل الحاكمة P_3 التي تفتح بدورها التماس $1\ P_3$ وتفصل التماس KMH وتنتهي بذلك عملية الاقلاع •

واذا جرت بداية الاقلاع طبيعية ، تستمر وفق حالة من حالتين :

ـ اذا بدأ الديزل عمله خلال ١٢ ثانية على الاقل ، فان جهد الوشيعة الثانية في المحول T_{R_1} يبلغ مقدارا كافياً لتشغيل التريستر By_3 ، الذي يقوم بتشغيل الحاكمة Py_3 ، التي تفصل دارة الاقلاع •

ـ اذا لم يبدأ الديزل عملهخلال هذه الفترة يشحن المكثف C_3 ، ويصبح كمون النقطة A أقل من كمون النقطة b يقوم الثنائي D_1 والترانزيستوران T_1 ، T_2 بتشغيل التريستور By_1 ، الذي يقوم بدوره بتشغيل الحاكمة P_3 التي تفصل التماس KMH ، وتفصل دارة الاقلاع نتيجة لذلك ، وتنفصل مجموعة الاقلاع عن مصدر التغذية ويعود الى الوضعية البدائية

٤ـ٢ـ٣ـ مجموعة اقلاع ضاغط الهواء :

مهمتها قيادة المحرك الكهربائي ، الذي يقوم بتشغيل ضاغط الهواء ، وتتم تغذية المحرك من المولد المقلع عادة •

لتخفيض تيار الاقلاع الجاري عند وصل المحرك الكهربائي ، يجب تخفيض جهد المولد المقلع من ١١٠ الى ٢٢ أو ٢٥ فولطا ، ورفع جهد المولد المقلع بشكل انسيابي الى ١١٠ فولتات .

ففي البداية يصل جهد المولد المقلع CTr الى مدخل المجموعة ٢ ، حيث يفتح الترانزيستور T_1 تحت تأثير الجهد من خلال المقاومات R_2 و R_{11} ، CT_2 ويوصل المسرى القائد في التريستر By مع المسرى الاخر .

وعندما ينخفض ضغط الهواء في الخزانات الرئيسة ، تقوم حاكمة الضغط PDK بتشغيل الحاكمة P في المجموعة bnk ، وعندها يصل الجهد الى المدخل ٣ من خلال وشيعة التماس KDK و CTr .

ويجري التيار في الدارة المؤلفة من D_3 والمقاومة R_4 ، والرابطة الانتقالية الاساسية للترانزيستور T_2 . وتجري في الوقت نفسه عملية شحن المكثف C_1 ويغلق الترانزيستور T_2 الترانزيستور T_3 ، ويصل جهد دارات القيادة الكامل من خلال المقاومة R_8 والثنائي D_4 الى مدخل منظم جهد المولد المقلع ، مما يؤدي الى انخفاض جهد CTr .

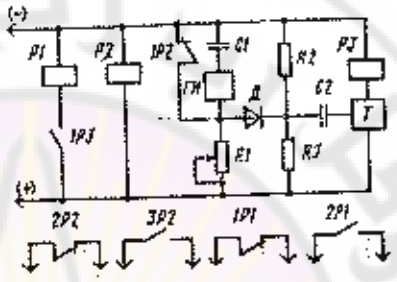
وعندما ينخفض الجهد الى٢٢ـ٢٥ فولطا، ينقطع التيار في قاعدة الترانزيستور T_1 ، ويغلق ، مما يؤدي الى وصل التريستور By والتماس KDK ، الذي يقوم بوصل قلب المحرك الكهربائي مع المولد المقلع .

ويقوم التريستر By بتفريغ دارة قاعدة الترانزيستور T_2 ، الذي يبدأ بالاغلاق ، مع استمرار عملية تفريغ المكثف C_1 ، ويفتح T_3 .

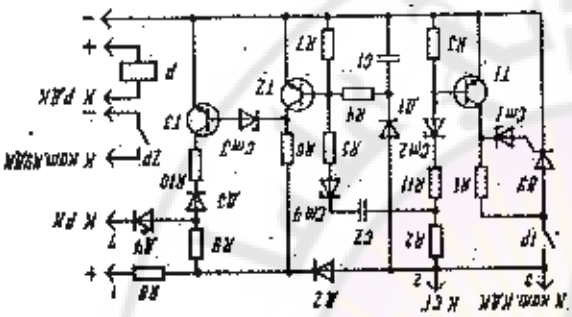
وينخفض الجهد في منظم الجهد ، ويبدأ جهد المولد المقلع بالازدياد الى حد معين وبسرعة ، مما يجعل مرحلة بداية الاقلاع أكثر صعوبة ، وبعدها ينخفض معدل

الزيادة ، بسبب مرور تيار في قاعدة الترانزيستور T_2 ، وتيار آخر يشحن السعة C_2 ، والذي يؤدي استمراره الى اغلاق الترانزيستور T_2 بالكامل . ويزداد جهد المولد المقلع الى القيمة الاسمية ١١٠ فولطات . وعند بلوغ ضغط الهواء قيمة معينة ، تفصل الحاكمة P بوساطة PDK .

٤ـ٢ـ٤ـ حاكمة التوقيت :



شكل (١٢٠)



شكل (١٢١)

عندما يصل الجهد الى المدخل تعمل الحاكمة P_3 ويعمل معها المكثف C_1 قبل الوصل يكون المكثف مفرغا والجهد مساويا الصفر والثنائي مغلقا بسبب الجهد في النقطة الوسطية بين R_2 و R_3 . وباستمرار عملية شحن المكثف C_1 يزداد جهده ، يعمل الثنائي في لحظة معينة ، وتأتي نبضات الجهد من rU من خلال المكثف المكثف C_2 الى مدخل T ، الذي يقوم بوصل الحاكمة P_3 ، ويقوم التماس $1P_3$ بوصل الحاكمة P_1 . التي تعمل تماساتها $1P_1$ ، $2P_1$ بالتناوب .

وبمعايرة المقاومة R_1 يمكن تغيير سرعة شحن المكثف C_1 (زمن تأخير الحاكمة).

الفصل السابع

جسم القاطرة

مقدمة : جسم القاطرة هو الاجزاء والتركيبات والمجموعات الميكانيكية ، التي يتوضع عليها وبداخلها الديزل ، نظام نقل الطاقة ، والتجهيزات المساعدة ، والمعدات التي تولد قوى الجر ، والتي تنقل القوى الافقية والقوى الشاقولية .

يتألف جسم القاطرة من القاعدة الرئيسة مع جملة التطر ، الجدران الجانبية ، السقوف (الهيكل) والسرائر مع محاور العجلات ، المضاجع ونظام التعليق . تعمل هذه التجهيزات والتركيبات في ظروف صعبة وتقوم بمهام مختلفة . تحمل القاعدة الرئيسة محرك الديزل ، وتنقل الحمولات الشاقولية الى السرائر وتوابعها ، والقوى الافقية بوساطة جملة القطر الى عربات القطار ، ويحمي الهيكل الديزل ونظام النقل والتجهيزات الاخرى من الظروف الجوية المختلفة .

توجه محاور العجلات حركة القاطرة على الخطوط الحديدية ، وتنقل وزن القاطرة اليها ، كما تشارك العجلات في توليد قوى الجر ، الناتجة عن الديزل أساساً ، تدور المحاور في مدرجات المضاجع ، وترتبط مع قاعدة السرير ، التي تستند على المضاجع بوساطة نظام التعليق المرن ، المؤلف من صفائح نابضية ونوابض حلزونية .

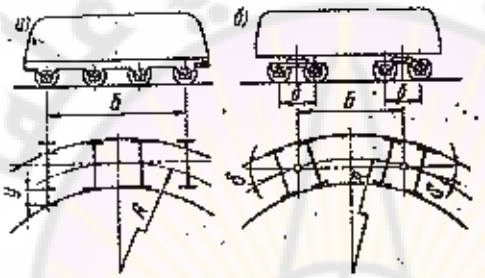
يتعلق عدد محاور العجلات بوزن القاطرة ، والحمولة الشاقولية التي يسمح بها على الخط الحديدي ، ويساوي عدد المحاور في قاطرة الديزل الكهربائية ستة (بسبب وزنها الكبير) وهذا ما يجعل مرور القاطرة في المنعطفات أمراً صعباً . ولا تستطيع القاطرة اجتياز المنعطفات ، الا اذا كانت محاورها قادرة على الانزياح العرضاني (نسبة لمحور القاطرة) . شكل ١٢٢ .

يحسب الانزياح العرضاني بالعلاقة :

$$y = \frac{b^2}{8R}$$

حيث b — قساوة قاعدة القاطرة (المسافة بين المحاور الطرفية بالمتر)•

R — نصف قطر المنعطف •



شكل (١٢٢)

لتسهيل مرور القاطرة في المنعطفات ، تجمع محاور العجلات في سريرين يحتوي كل منها محورين أو ثلاثة ، بحيث يستطيع السرير الدوران حول محور القاطرة الشاقولي بزاوية صغيرة (٣ — ٣٫٥ درجة) عندما تكون R = ١٢٥ م وتساوي ٤ — ٧ درجات في قاطرات المناورة حيث R = ٤٠—٨٠م •

وهناك بعض القاطرات التي لا تحتوي على سرائر ، وهي خفيفة الوزن عادة وقصيرة نسبيا ، وتركب محاور العجلات مع المضاجع في القاعدة الرئيسة مباشرة•

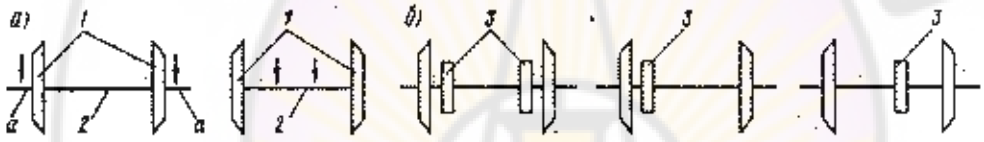
١ — محاور الحركة : تعد المحاور من أهم الاجزاء الرئيسة في جسم القاطرة وأخطرها • وتقوم العجلات كما ذكرنا بنقل الضغط الشاقولي (الاوزان) والقوى الدينامية وتشارك الخط الحديدي في توليد قوى الجر وقوى الكبح •وغيرها •

تتألف محاور الحركة من عجلتين ، ومضجعين على طرفي المحور ، يحتويان على مدرجتين تدور بداخلها المحاور .

تنقل المضاجع القوى الشاقولية الى المحور شكل ١٣٢ a ، وتتوضع على المحور ٢ من الخارج عادة (على الرقبتين a) أو بين العجلات من الداخل ، وتعد الوضعية الاولى أكثر إنتشارا لانها أفضل من ناحية الصيانة والمراقبة .

تحتوي محاور القاطرة على وصلة تشغيل ، أي أن المحور ذاته ينقل عزم الدوران الى العجلات بوساطة مسننات الجر ٣ شكل شكل ١٣٣ b .

في قاطرات الديزل الهيدروليكية يتوضع مسنن الجر في منتصف المحور تقريبا .



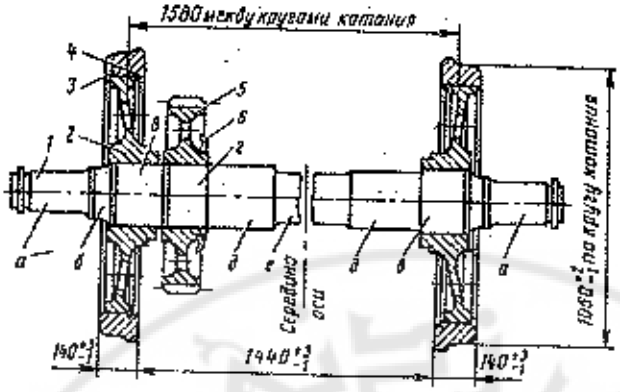
شكل (١٢٣)

تساوي أقطار العجلات ١٠٥٠ مم ، ١٢٢٠ مم ، ١٢٥٠ مم ويساوي ضغط المحور على الخط الحديدي ٢٢٥ ــ ٢٦٠ ك. نيوتن .

ويخفف القطر الاكبر من ظاهرة التآكل ، ويفسح مجالا اكبر لتركيب محركات الجر ، غير انه بزيادة قطر العجلات تزداد كتلتها .

يظهر على الشكل (١٢٤) مقطع في محور العجلات .

تتألف العجلة من دولاب (نواة) داخلي ٢ يركب عليه اطار خارجي ٣ ، تركب النواة (الدولاب الداخلي) بطريقة الضغط على المحور ١ ، ويركب الاطار بالطريقة



شـــكل (١٢٤)

الحرارية ، حيث يسخن ويركب على الدولاب • ويركب مسنن الجر ٥ على المحور من الداخل قريبا من احدى العجلات وذلك ليفسح المجال أمام محرك الجر ، الذي يركب على المحور نفسه في المنتصف•

تصنع المحاور من عواميد فولاذية جاهزة مصنوعة بطريقة الطرق ، وتجعل مقاطع المحور العرضية دائرية بأقطار مختلفة ، حسب وظيفة كل منها •

تركب المضاجع على الرقبة الطرفية a ، وتركب العجلات والمسنن على الرقبات الاكبر ، ويركب محرك الجر على الرقبة الداخلية d .

تؤثر في المحور في أثناء العمل حمولات متغيرة ، ويتعرض معدنه لاجهاد كبير لذا يجب أن يكون الانتقال بين مقاطع المحور انسيابيا ، وذلك لمنع تركيز الاجهادات ولمنع ظهور شقوق التعب عليها •

تخضع أجزاء المحور للمعالجة الميكانيكية بوساطة كرات معدنية تضغط على سطوح المحور الخارجية بقوة تساوي ٤٠ك• نيوتن •

وتثقب المحاور من الجانب في أحد أطرافها ، عند تصنيعها ، وذلك لوضع حلقة تابعة لوصلة عداد السرعة •

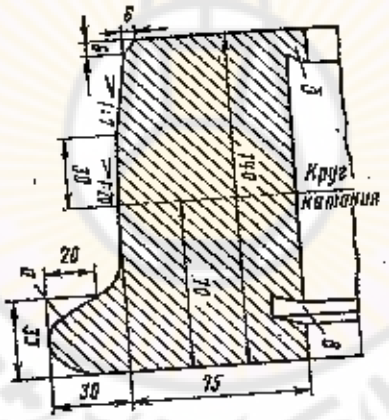
تصنع الدواليب الداخلية من الفولاذ بطريقة السكب باستخدام القوى النابذة ، وتخضع للمعالجات الميكانيكية الضرورية لتركيب الاطار الخارجي للعجلة وتركيب العجلة على المحور .

وتصنع الاطارات الخارجية من الفولاذ أيضا ، وتخضع لمعالجة ميكانيكية .

يظهر على الشكل (١٢٥) شكل الاطار الخارجي وسطوحه المتنوعة ،ويتألف من الحافة a وسطحين مخروطيين أساسي ١/١٠ بميل ١/٢٠ ، وجانبي ٥ر٣/١ بميل ١/٧ ، وسطح خارجي مائل بزاوية ٤٥° .

يوجد على السطح الاسطواني الداخلي زائدة b ، مهمتها تثبيت الدولاب الداخلي وأخدود B يستخدم لتركيب حلقة التثبيت ٤ .

يساوي عرض الاطار ١٤٠ مم وسماكته من ٧٥ــ٨٥ مم .



شكل (١٢٥)

توجه الحافة a العجلات على الخط الحديدي وتمنع المحاور من السقوط بين الخطوط الحديدية . تعرض الاطار a للتآكل السريع ، وبخاصة سطح التدحرج الملامس للخط ، ويفقد شكله الطبيعي تدريجيا ، وتتآكل الحافة بشكل

كبير ، وعندما تزداد عملية التآكل ، تخضع المحاور وأجزاؤها المتآكلة لعملية القشط الخارجية ، وتعادلها أشكالها الاولى ، لكن بعد ان تكون سماكة الاطار قد انخفضت ، وقطر دائرة التدحرج قد انخفض تبعا لذلك • وتخضع هذه الاجزاء للاستبدال عندما تصل سماكة الاطار الى القيمة الدنيا •

وهناك بعض القاطرات ، التي لا تحتوي عجلاتها على دولاب واطار خارجي، انما تكون قطعة واحدة ، وهي أقل كلفة واخف وزنا ، غير ان فترة استثمارها أقل من العجلات الاولى •

يتعشق مسنن الجر (المقاد) مع المسنن القائد المركب على محور محرك الجر• يصنع المسنن المقود عادة من الفولاذ ، الذي يضاف اليه بعض الكروم بنسبة ضئيلة ، ويصل عدد أسنانه الى ٧٥ (مودل السن يساوي ١٠ مم)•

تمنع الحلقة ٦ وصول الزيت من غلاف المسننات الى مدارج محرك الجر ، وتعالج سطوح الاسنان بالتيار الكهربائي عالي التوتر •

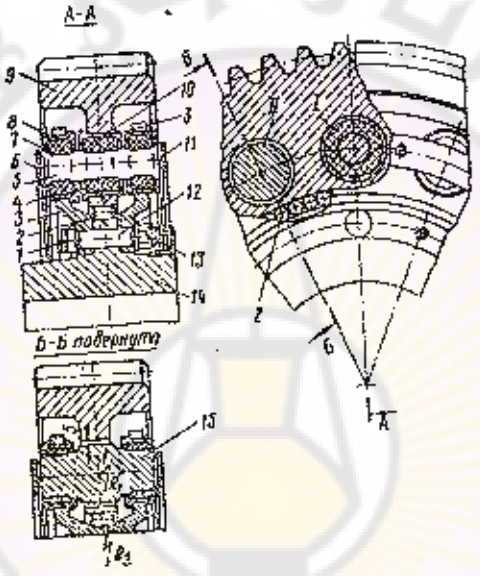
انتشرت في الفترة الاخيرة على القاطرات الحديثة محاور مزودة بعجلات مرنة، ذات بنية معقدة مؤلفة من عناصر متعددة شكل (١٢٦) وهي الدولاب المسنن ٩ ، النواة ١٤ ، الصحن ٣ ، وعناصر مرنة ، معدنية ومطاطية •

يتصل الدولاب المسنن ٩ بالصحون بوساطة ستة عشر عنصرا مرنا (I ، II) متوزعة بانتظام على محيط دائري •

يتألف العنصر المرن من اصبع فولاذي تلبس عليه جلب اسطوانية مطاطية (مخمدات) ، تركب عليها جلب فولاذية اخرى • أي أن كل مخمد يقع بين عنصرين معدنيين الاصبع والجلبة•

تحتوي العناصر المرنة على ثلاثة مخمدات I (نوع اول) أو على مخمدين اثنين من المطاط (نوع ثان)•

يتألف النوع الاول من أصبع ٥ ومخمدين طرفيين ٧ وجلب ٤ مركبة في ثقوب الصحون ٣ • له مخمد وسيط ١٠ ، وجلبة مركبة في ثقب النواة ٩ • تثبت الجلب في الصحون والنواة بالحلقات المرنة (النابضة) التي تمنع العناصر المرنة من الانزياح الطولي • أما العنصر الثاني فلا يحتوي على مخمد وسطي ، ويركب الجزء الاوسط من الاصبع ١٥ ذو القطر الكبير في ثقب النواة ٩ ، ويترك خلوص قطري يساوي ٥ مم • تتلقى العناصر المرنة I الحمولة المماسية من نواة المسنن بعد تمددها • وعندما تنزاح النواة



شكل (١٢٦)

بدرجة واحدة ، ينعدم الخلوص بين الاصابع ١٥ وثقوب النواة ، وتصل الحمولة الى العناصر المرنة II الثمانية ، ذات القساوة النسبية الاعلى • وبفضل هذه العناصر المختلفة المرونة ، تتمتع نواة المسنن بقساوة مماسية متغيرة • وتحفظ الحلقات ١١٥٦ الاصابع والجلب من السقوط عندما تتلف المخمدات وتثبت هذه الحلقات الى الصحون ٣ •

ولقد أدى استخدام المسننات المرنة ، الى زيادة جودة عمل مسننات الجر ،

وتحسين ظروف عمل المحركات ، بسبب الانخفاض الكبير للحمولات الديناميـة المتولدة في أثناء العمل .

ـ تختلف محاور العجلات في قاطرات الديزل الهيدروليكية ، بالتجهيـزات المستخدمة في نقل عزم الدوران ، حيث تستخدم جملة كاردان مع مخفضات سرعـة بشكل دائم .

١ـ٣ـ١ـ تركيب عناصر محاور العجلات :

تبدأ العملية بتركيب المسنن على المحور بالطريقة الحرارية ، ويكون قطـر المحور في مكان التركيب أكبر من قطر المسنن بمقدار ١٢ر٠ ـ ١٦ر٠ مم عادة . ويسخن المسنن الى الدرجة ٢٠٠ مئوية ، ويسمح المحور بطبقة رقيقة من الصمغ (٠٢ر٠ مم) تمنع التماس المباشر مع المسنن وتحفظهما من الصدأ ، وبعد ان يبرد المسنن تفحص مثانة التركيب ، بتعريضه لضغط طولاني مساويا (٧٠٠ك٠نيوتن) أو (٧٠ طن) ، وعندها يجب ألا يتزحزح من مكانه .

وتركب العجلات على المحور ، في الدرجة الحرارية الطبيعية ، بعد تنظيفهـا جيدا ومسحها بطبقة من الزيت النباتي (الفرق بين الاقطـار ١٨ر٠ ـ ٣ر٠ مم) وتتعرض لضغط ٩٥٠ ـ ١٥٠٠ ك . نيوتن بعد التركيب ، ويجب التأكيد هنا على المسافة الفاصلة بين السطوح الداخلية للاطارين في العجلتين ، وعلى وضعية العجلتين (على مسافة واحدة من منتصف المحور).

ويركب اطار العجلات بالطريقة الحرارية (٢٥٠ ـ ٣٠٠ درجة) ويسـاوي الفرق بين الاقطار ١ر١ ـ ٤٥ر١مم . وعندما يسخن الاطار يزداد قطره على قطر الدولاب بمقدار ٢ر١ ـ ١٥ر مم . وعندما يبرد الاطار يضغط على الدولاب بشكل جيد ، وتوضع حلقة التثبيت ٤ عندما تصل درجة الحرارة الى ٢٠٠ درجة .

١ـ٣ـ٢ـ نقـل العزم الى محور العجلات :

ان الجملة الميكانيكية التي تنقل العزم الى المحاور يمكن ان تكون منفردة أو

جماعية (مشتركة)، غير ان الجملة المنفردة اكثر انتشارا من غيرها ، ويحتوي كل محور محرك خاص فيه. غير أن بعض القاطرات تحتوي على جملة مشتركة ، حيث يقوم محرك جر واحد بتشغيل جميع محاور السرير الواحد ، وتتميز هذه الجملة بالمواصفات الايجابية التالية :

ـ انخفاض التأثيرات الدينامية المتولدة عند السرعات العالية ، ولهـا أفضلية من ناحية توليد قوى التماسك بين العجلات والخط الحديدي ، وتنعدم باستخدامها ظاهرة انزحلق تقريبا . غير أن هذه الجملة الميكانيكية تتطلب ، مجموعة معقدة من التروس الضرورية لنقل عزم الدوران الى المحاور المختلفة ، لذا تنحصر بحالات استخدامها في بعض الحالات الخاصة .

في الجملة المنفردة (الفردية) ، ينتقل عزم الدوران الى المحـاور بوساطـة مسننات الجر القائد ، والمقود (مسننان فقط) ، يركب المسنن القائد على محـور المحرك والمسنن الاكبر (المقود) على محور العجلات ، وتتوضع المسننات عادة في جهة واحدة على المحور بشكل غيرمتناظر لافساح المجال لتركيب محرك الجر ، اذا يجب ان تكون اسنانها مستقيمة .

وتركب مسننات الجر في القاطرات الكهربائية كما يلي :

يركب المسنن (المقود) على جهتي محور العجلات ، ويركب المسنن القائـد على جهتي محور المحرك ، وفي هذه الحالة يمكن استخدام الاسنان المائلـة خلافا للحالة الاولى . حيث أن الاسنان المائلة تعمل بشكل أفضل من الاسنان المستقيمة ، التي تولد انزياحا محوريا للمسننات ، وتتآكل بشكل غير منتظم .

ـ تعليق محركات الجر :

تركب المحركات على السرير وتثبت جيدا ، لان انتقال العزم مـن المحـرك الى محور العجلات ، يتم فقط اذا كان المحرك مثبتا بدرجة كافية .

عندما يثبت المحرك على قاعدة السرير ، يتعرض تعشيق المسننات للاختلال بسبب الاهتزازات الحاصلة ، لذا يفضل أن يستند المحرك الى القاعدة والى محور العجلات أيضا ، حتى تبقى المسافة بين مراكز المسننات ثابتة .

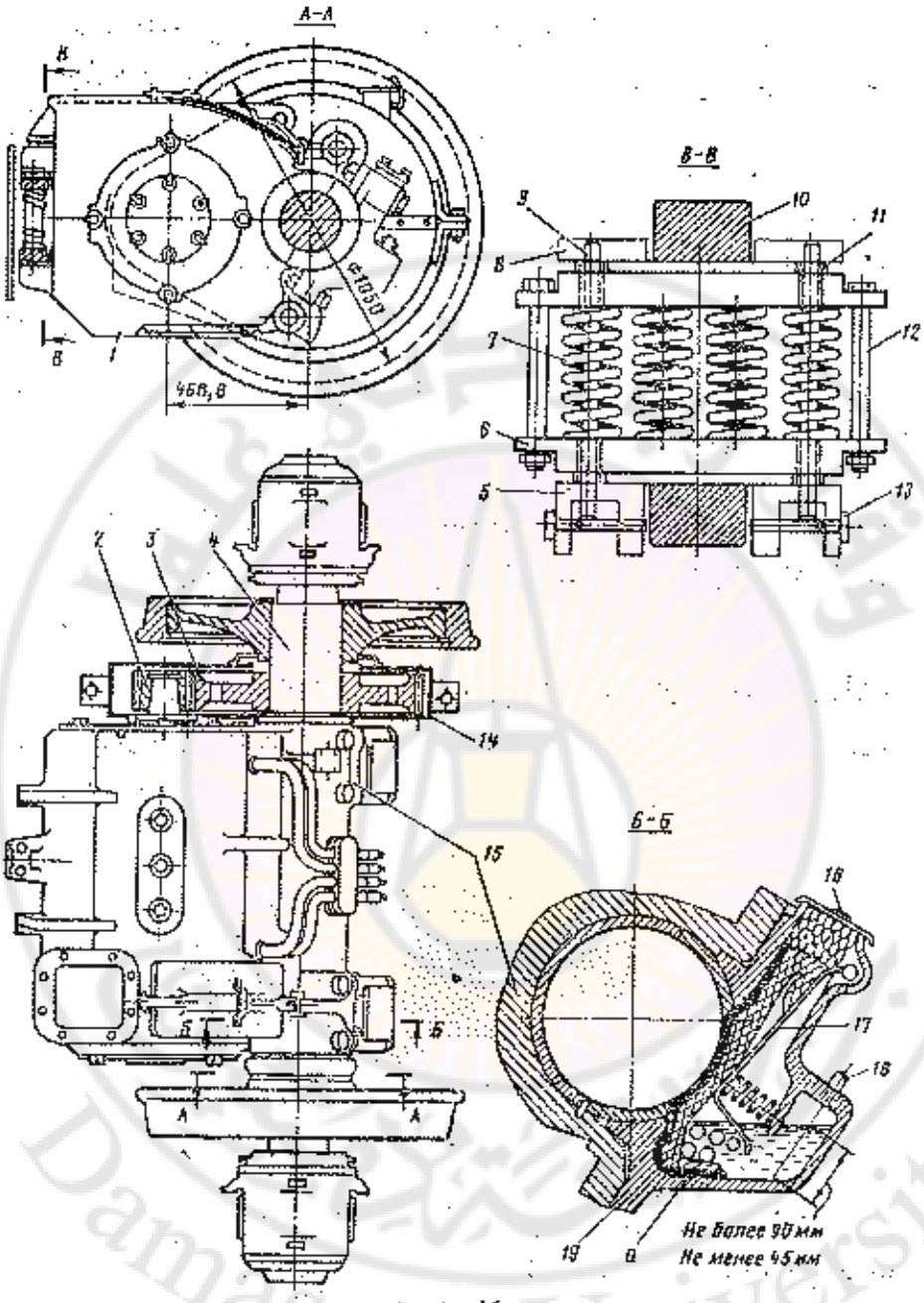
يسمى هذا التعليق (استناديا ـ محوريا) ويسمى التعليق محوريا عندما يستند المحرك الى محور العجلات بقساوة كافية ويؤثر فيه بقوة تساوي نصف وزنه تقريبا .

وعندما يستند المحرك بكامله الى قاعدة السرير يسمى التعليق (الاستنادي ـ القاعدي) . هنا يلزم وجود وصلة مرنة ، ويعد هذا التعليق أكثر تعقيدا من التعليق المحوري . يظهر على الشكل (١٢٧) مخطط التعليق المحوري :

يستند المحرك ١ الى ثلاث نقاط ، اثنتين منهما تقعان على القسم الاوسط من محور العجلات ٤ بوساطة المدرجات ١٥ ، وتقع النقطة الثالثة المرنة على قاعدة السرير ، وتحتوي على أربعة نوابض ٧ ، مضغوطة بين صحنين ٦ ، وتعمل على التوازي وتثبت المحاور العمودية ٩ ، المجموعة على قاعدة السرير ، ويحفظ الاصبع ١٣ ، المحاور ٩ من السقوط .

تتألف المدرجة الانزلاقية من زوج من القشور البرونزية ، مغطاة بطبقة رصاصية ، يتوضع النصف الاعلى منها في جسم محرك الجر ، ويتوضع النصف السفلي في الغطاء ١٩ ، الذي يضغط على جسم المحرك أيضا بوساطة مجموعة من البراغي . ويوجد في النصف السفلي نافذة مخصصة لسكب الزيت في المدرجة وفي رقبة محور العجلات .

يغلف مسنن الجر بغطاء ١٤ يحميه من التأثيرات الخارجية ، ويتألف من نصفين مصنوعين من صفائح فولاذية بطريقة اللحام ، ويركب الغطاء على جسم المحرك ، ويحتوي على كمية من الزيت تساوي ٥ كغ تقريبا .



شكل (١٢٧)

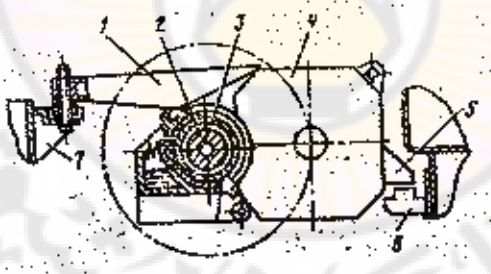
ـ **التعليق القاعدي :** هنا يستند المحرك على قاعدة السرير بكامل وزنه ، وتستخدم وصلات مختلفة ، لنقل العزم الى المحاور ، وتتألف من محور (عمود) أجوف ، وقارنة مفصلية لها أذرع متعددة شكل (١٢٨) .

يستند المحرك ٤ بوساطة الذراعين ٥ ، ويقع احدهما على الحامل ٦ الملتحم على عمود عرضاني في قاعدة السرير ، ويقع الذراع ١ على الزاوية ٧ ، الواقعة على عمود اخر في قاعدة السرير أيضا .

في هذه الحالة ، لا تستند مدارج المحرك الى المحور ٢ ، بل تحمل العمود الاجوف ٣ ، والاسطوانة ، التي يركب عليها المسنن الاكبر (المقود) .

يحتوي العمود الاجوف على محور العجلات ٢ بحيث يبقى بين سطوحها الداخلية خاوص قطري (٣٥مم) يمنع التماس المباشر بينهما عند حدوث الاهتزازات الدينامية .

تظهر على الشكل (١٢٩) الوصلة المرنة التي تنقل العزم الى المحور ، وتتألف من محور ٣ ودولاب العجلات ٩ ، وأطاراتها ٨ ، حلقات التثبيت ٧ ، العمود الاجوف ٤ ، والاذرع ١ ، ٦ .



شكل (١٢٨)

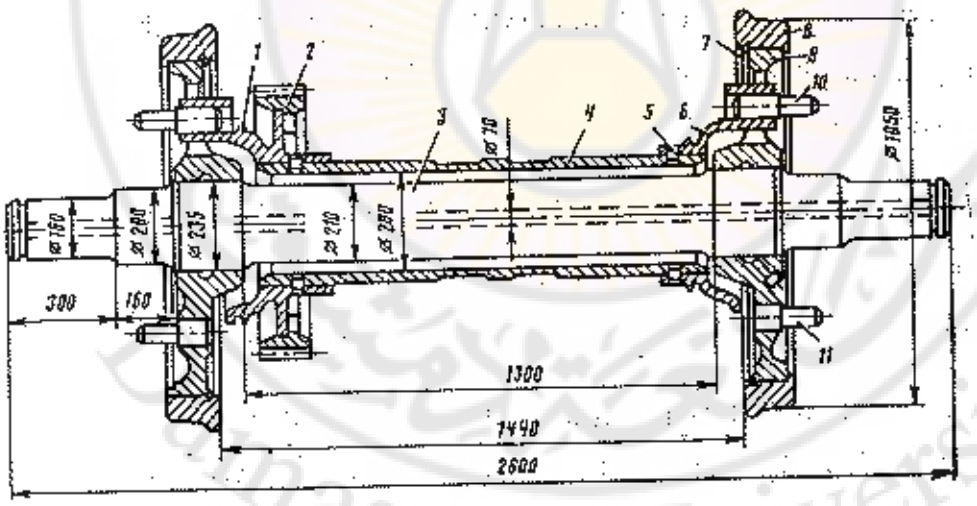
تتوضع الاصابع ١١ في دولاب العجلة ، الذي يحتوي على ثقبين قطر كل منها ٢٠٠ مم . وتركب الاذرع ١ ، ٦ على أطراف العمود الاجوف ٤ بالطريقة الحرارية ، وتثبت عليه بالحلقة ٥ مع الاصابع القائدة ١٠ ، وتلحم نهايات الاذرع

الى العمود ٤ • ويحتوي الذراع ١ على مربط دائري يستخدم لتثبيت المسنن المقود ٢ • يصل عزم الدوران من المحرك الى محور العجلات بوساطة القارنات المرنة شكل (١٣٠) الموجودة على العجلتين •

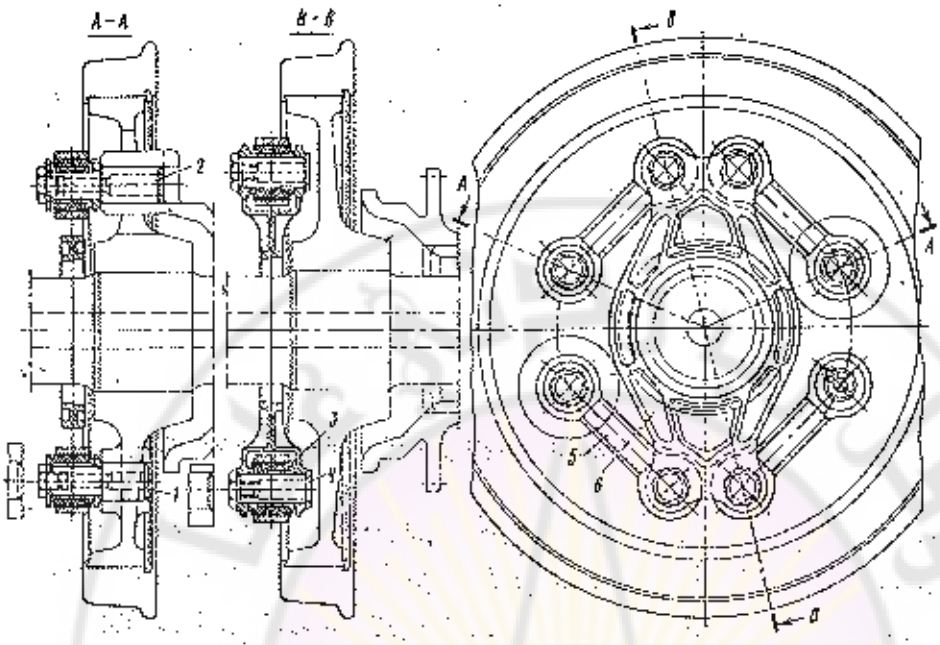
تتألف القارنة من العارضة ٦ ، التي تتمفصل معها المحاور ٤ والسواعد الاربع ٥ • ويتصل اثنان من السواعد بالاصابع ٢ ، ويتصل الساعدان الآخران بالاصابع ١ ، الموجودة في دولاب العجلة ، ويفصل بين رؤوس السواعد والاصابع مخمدات مطاطيـــة •

ـ وصلة العزم على قاطرة الديزل الهيدروليكية :

يصل العزم من المحور الطرفي (المخرج) للنظام الهيدروليكي الى محـــور العجلات بوساطة الساعد ـ المرفق ، الذي يشبه مثيله في القاطرات البخاريـــة أو بوساطة جملة من أعمدة الكاردان (أعمدة نقل الحركة) مرتبطـــة بمفاصـــل معينة أو من خلال قارنات مختلفة •



شـــكل (١٢٩)



شـكل (١٣٠)

يظهر على الشكل ١٣١ b مخطط وصلة الساعد ـ المرفق ، وتتألف من العمود ٣ الذي يستمد الطاقة من الديزل ١ بوساطة النظام الهيدروليكي ٢ ، ويرتبط العمود ٣ مع أحد المحاور بوساطة الذراع القائد ٤ ، ويقوم بتشغيله .

وترتبط محاور العجلات الاخرى فيما بينها بوساطة الاذرع ٥ .

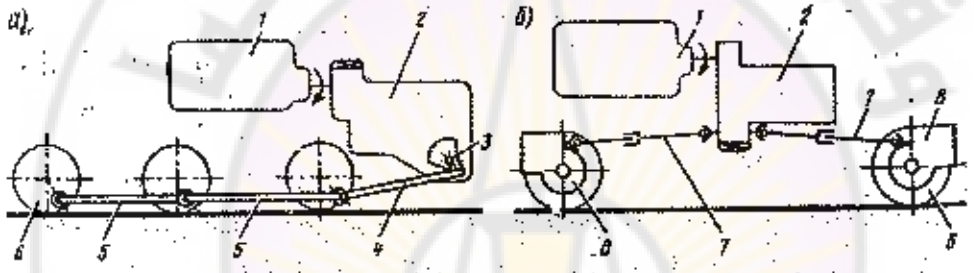
يتميز هذا التصميم بالبساطة غير أنه غير متوازن وتأثيره الديناميكي في الخط الحديدي كبير . وتستخدم هذه الوصلة عند انعدام السرائر في القاطرة فقط .

يظهر على الشكل ١٣١ b مخطط الوصلة الكاردانية المؤلفة من جملة أعمدة ٧ ومخفضات سرعة ٨ . وتستخدم هذه الوصلة المشتركة على القاطرات ذات السرائر وتحقق تماسك جيد بين العجلات والخط الحديدي .

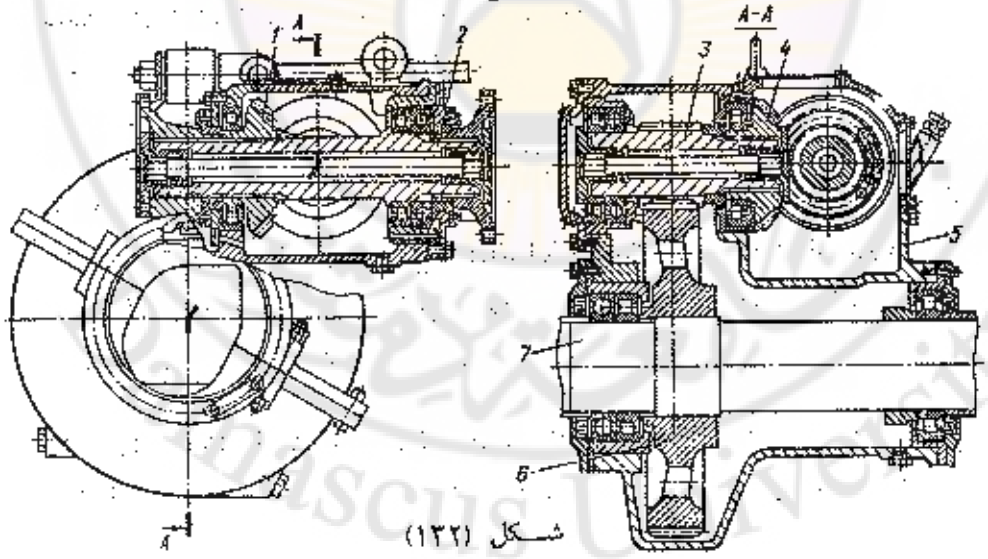
يظهر على الشكل (١٣٢) مخطط أحد مخفضات السرعة المستخدمة في هذه الوصلات ، ويتألف من زوجين من التروس (مخروطي ١ ــ ٤ ، أسطواني ٣ــ٦) متوضعة في الهيكل الفولاذي ٥ .

ينتقل عزم الدوران من الاعمدة الى الترس القائد ٢ .

يركب الترس المخروطي المقود ٤ على استطالة جسم الترس الاسطواني ٣ مباشرة ، ويجلس الترس المقود ٦ على الجزء الوسطي لمحور العجلات القائد ٧ . ومدارج مخفض السرعة كروية أو اسطوانية ، وتتحمل المدارج الكروية الحمولات المحورية المؤثرة .



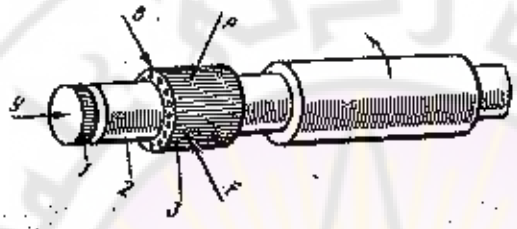
شكل (١٣١)



شكل (١٣٢)

١١ـ٣ـ المضاجع ومدارجها :

المضاجع هي صلة الوصل بين قاعدة السرير ومحاور العجلات ، من خلالها تنتقل الحمولات الشاقولية P (وزن القاطرة) شكل ١٣٣ الى محاور الحركة بوساطة المدارج ، وتنقل المضاجع القوى الافقية (قوة الجر ، قوة الكبح) من المرقبات ٢ في المحاور بوساطة القاعدة الرئيسة ، وتتلقى كذلك القوى الجانبية y وتوصلها الى القاعدة .

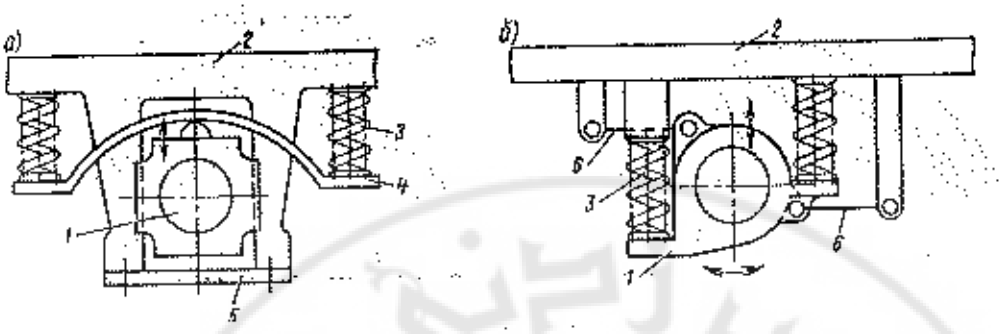


شكل (١٣٣)

تتألف المضاجع من هيكل ، غطاء ، مدارج وعناصر احكام ، وتعد المدارج الجزء الرئيس فيها . وهي نوعين : مدارج تدحرجية ، ومدارج انزلاقية ، يتميز النوع الاخير ببساطة التركيب لكنه يتطلب عناية خاصة عند الاستمار ، ولقد استخدم في القاطرات القديمة نسبيا . وتستخدم حاليا المدارج الاسطوانية التدحرجية ، التي تتميز بالجودة العالية .

تنتقل الحمولات الشاقولية الى المضاجع ، من خلال النوابض ٣ ، وأقواس التوازن ٤ شكل (١٣٤) وتتصل المضاجع ١ بقاعدة القاطرة أو بالسرير بطرائق متعددة ، وتركب عادة بين الدلائل الشاقولية لقاعدة السرير ٢ شكل ١٥٥ a وتعمل الصفيحة ٥ لوصل الدلائل وزيادة قساوتها ، وتتمكن المضاجع من الانزياح عموديا في مقراتها أثناء المسير .

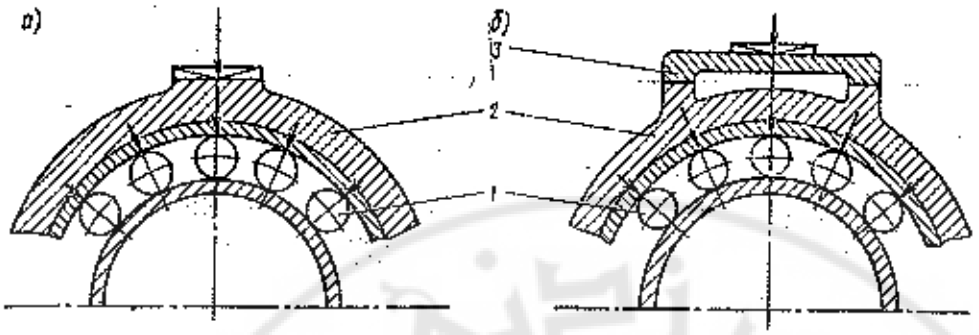
تعمل الدلائل في ظروف صعبة وتتعرض للاحتكاك الانزلاقي وتتآكل سطوحها الداخلية بسرعة مما يؤدي الى زيادة الخلوص بين محاور العجلات وقاعدة



شـكل (١٣٤)

السرير ، مما يؤثر سلبا في مسير القاطرة والخط الحديدي أيضا . لـذا فكسر المصممون باستبدال بالمضاجع والدلائل مضاجع لها أذرع (عديمة الدلائل) حيث يتصل المضجع بقاعدة السرير بوساطة الاذرع المفصليـة ٦ شـكل ١٣٤ b وتتزاح هذه المضاجع شاقوليا ويمكنها الدوران قليلا حول محورها نتيجة مرونة المفاصل ، ولا تحتوي هذه المضاجع على سطوح احتكاكيـة ولا تحتاج الـى تشـحيم .

تعمل المضاجع ومدارجها في ظروف صعبة للغاية ، تنقل وقة كبيرة (١٢٠ ك نيوتنا على المضجع الواحد) . وتزداد الحمولة بحدود ٣٠ ــ ٥٠٪ بنتيجـة الاهتزازات المختلفة وتأثير القوى النابذة المتولدة في المنعطفات ، اضافة لتأثير قوى الضربات الحاصلة عند تجاوز الفواصل بين قضبان الخط الحديدي . ويظهر على الشكل ١٣٥ مخطط تأثير الحمولات المختلفة . ولا تتوزع الحمولات بـين اسطوانات المدارج بانتظام عندما تستند أقواس التوازن الى الهيكل ٢ مباشرة . غير أن انتقال الحمولة من الاقواس الى الهيكل من الاعلى في نقطتين بوسـاطة القوس الوسيط ٣ شكل ١٣٥ b يؤدي الى انتظام توزيـع الحمـولات بـين الاسطوانات . تؤثر الظروف المناخية (الحرارة ، الرطوبة) على المضاجع ، وهذا ما يفرض عليها العمل بجودة كافية في مختلف الظروف .



شـــكل (١٣٥)

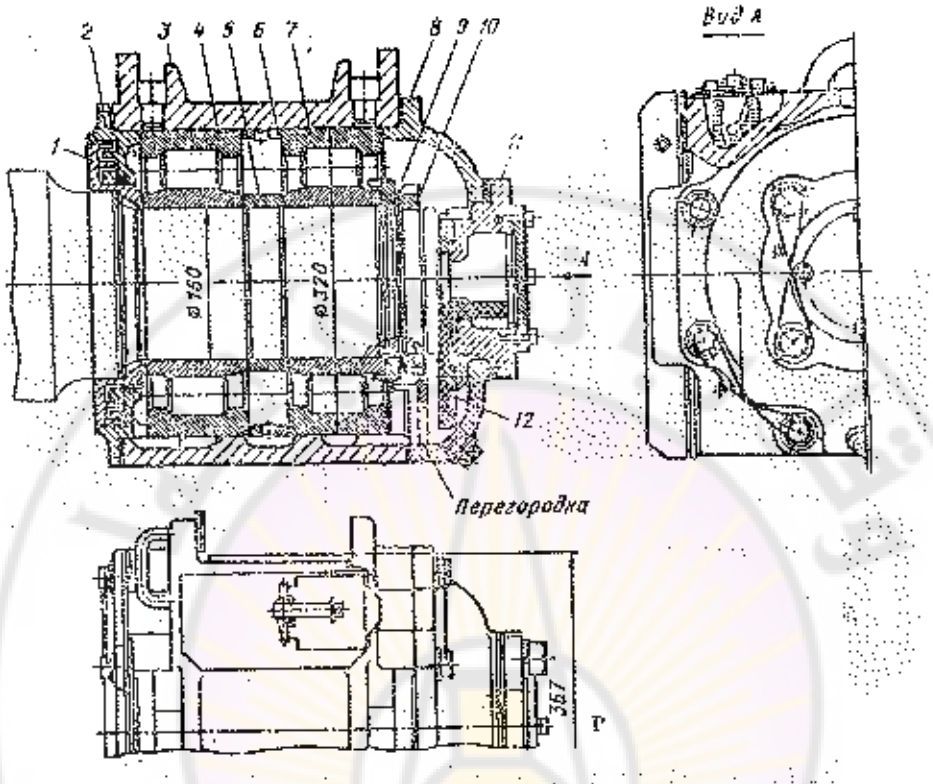
يظهر على الشكل ١٣٦ مقطع في مضجع معين مؤلف من هيكل ٣ ، مصنوع بطريقة السكب ، بداخله مدرجتان اسطوانيتان ٤ ، ٧ ، يساوي قطر المدرجة الخارجي ٣٢٠ مم والداخلي ١٦٠ مم ، وعرض الحلقة ١٠٨ مم . تعمل المدرجات ٤ مليون كم تقريبا ، ويفصل بينهما الحلقات ٥ ، ٦ . تشد المدرجتان بالبرغي ١٠ المثبت بالحلقة ٩ . يحفظ هيكل المضجع من جهة العجلة بحلقة احكام ١ ، مركبة في الغطاء الخلفي ٢ ، ويحفظ من الجهة الخارجية بالغطاء ٨ .

وتمنع العزقة الضاغطة ١٠ المضجع من الانزلاق على المحور ، ولا تتعرض لحمولة محورية (عرضانية) .

وتؤثر القوى الجانبية في الصحن الاستنادي الانزلاقي ١١ ، المثبت في الغطاء الامامي ٨ . ويصل الزيت الى السطح الطرفي لصحن الاستناد من حوض المضجع بوساطة الفتيل ١٢ .

عند اجتياز المنعطفات ، ينزاح محور العجلات في المضجع (دون أن تعيق ذلك المدرجات) . حتى يصطدم السطح الجانبي للرقبة الطرفية بالصحن الاستنادي .

ينقل الصحن القوى الجانبية الحاصلة بين الخط وحافة العجلة ، من الحافة



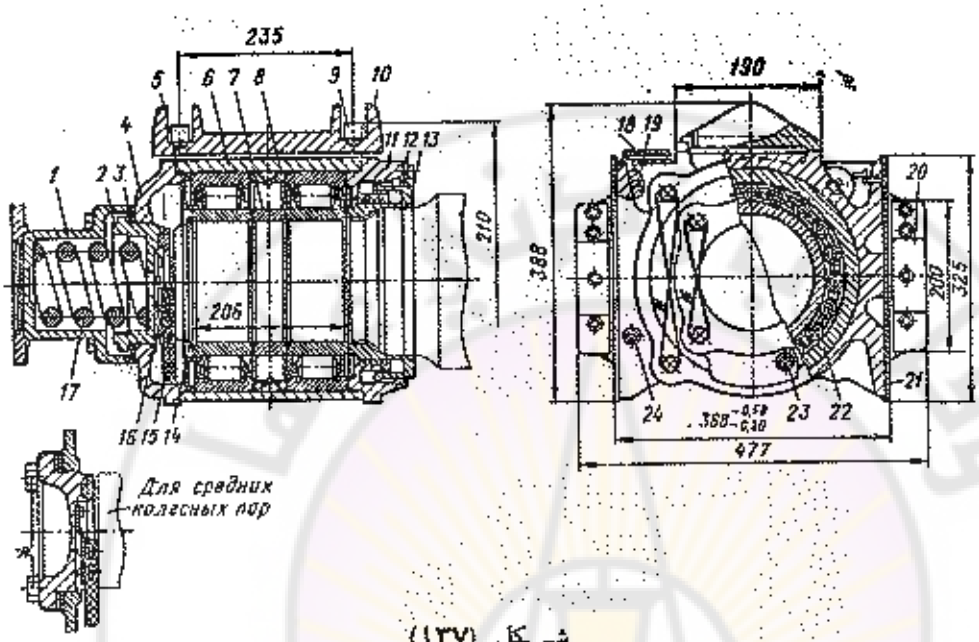
شـــكل (١٣٦)

الى جسم المضجع ومنه الى قاعدة السرير وهذا ما يجعلها تدور قليلا بزاويـة محدودة • وتكون الصحون الاستنادية عادة مرنة وتثبت جيـدا على المحـور الوسطي ، وتحصل على المرونة اللازمة باستخدام نابض حلزوني مشدود بقـوة تساوي ٨ كـ نيوتن داخل كأس اسطوانية مركبة في الغطاء الخارجي للمضجع •

تستخدم المدارج التدحرجية الشحوم المعدنية وتعمل طويلا •

يظهر على الشكل ١٣٧ مقطع في مضجع أكثر تطورا ، يحتوي في غطائـه الامامي ٤ على صفيحة مرنة ٥ ، تفصل بين المدارج والصحن الاستنادي ، وذلك لمنع اختلاط الزيت بالشحم •

يغذى المضجع بالشحم من الفتحة ٢٤ ، ويغذى الصحن الاستنادي بالزيت من الفتحة ٢٣ .



شكل (١٣٧)

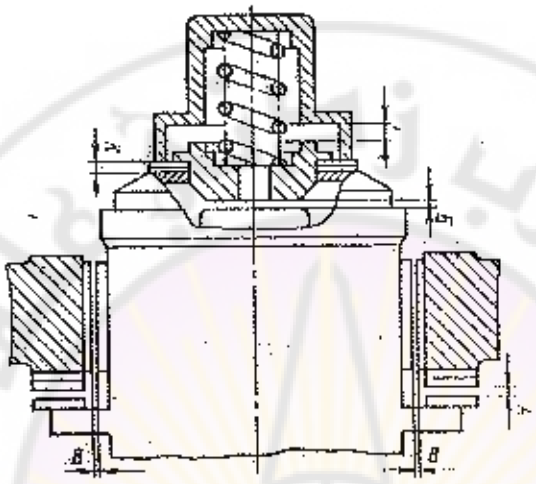
يثبت الغطاء الخلفي ١١ على الهيكل ٦ بوساطةالبراغي والصفيحة ١٢ . ولا تحتوي المدارج ٢٢ على حلقات داخلية انما يفصل بينها الحلقة ٨ .

تركب الحلقة ١٣ والحلقات الداخلية للمدارج على رقبة المحور بالطريقة الحرارية وتثبت المسافة بين الحلقات ١٣ بالحلقة ٧ . وتثبت كل هذه العناصر بالحلقة ١٤ ، ثم يوضع المضجع مع مداريجه في المكان المخصص له على المحور .

تركب المضاجع بين الدلائل ، وتستخدم السطوح الجانبية المستوية لنقل الحمولات الطولانية وتقوى بالصفائح ٢١ . وتستخدم العارضة الفولاذية ٢٠ لنقل الحمولات العرضانية ويصلها الزيت من الجيب ١٩ المقفل بالسدادة ١٨ .

يظهر على الشكل ١٣٨ أزياح محور العجلات طوليا (B) ويساوي مقدار

الخلوص بين السطح الجانبي للمضجع والسطوح الجانبية لدلائل السرير (٠٫٥٨ — ١٫٧٨ مم) ولا يسمح له أن يتعدى مقدار ٥ مم في أثناء الاستثمار حتى لا تنحني محاور المجلات عندئذ يساوي الانزياح العرضي لمحور العجلات ما يلي :



شكل (١٣٨)

$$n = c + y$$

حيث :

c — الانزياح الحر .

y — الانزياح المرن .

يساوي الانزياح الحر الخلوص A بين السطح الجانبي للمضجع والسطح الجانبي المقابل لقاعدة السرير على اليمين وعلى الشمال ، مضافا اليه الخلوص b بين جوانب المحاور وصحون الاستناد في المضجعين .

$$C = \frac{A}{L} + \frac{A}{n} + \frac{b}{L} + \frac{b}{n}$$

n ـــ جهة اليمين •

L ـــ جهة الشمال •

c = ٤ مم للمحاور الطرفية تقريبا •

e = ٢٨ مم للمحاور الوسطى تقريبا •

ويساوي الانزياح المرن لمحاور المجلات y مجموع الانحناءات المسموح بها

$$y = r_L + r_n$$

r_L ، r_n ـــ لنوابض صحن الاستناد •

r = ١١ مم للمحاور الطرفية في الجهة الواحدة •

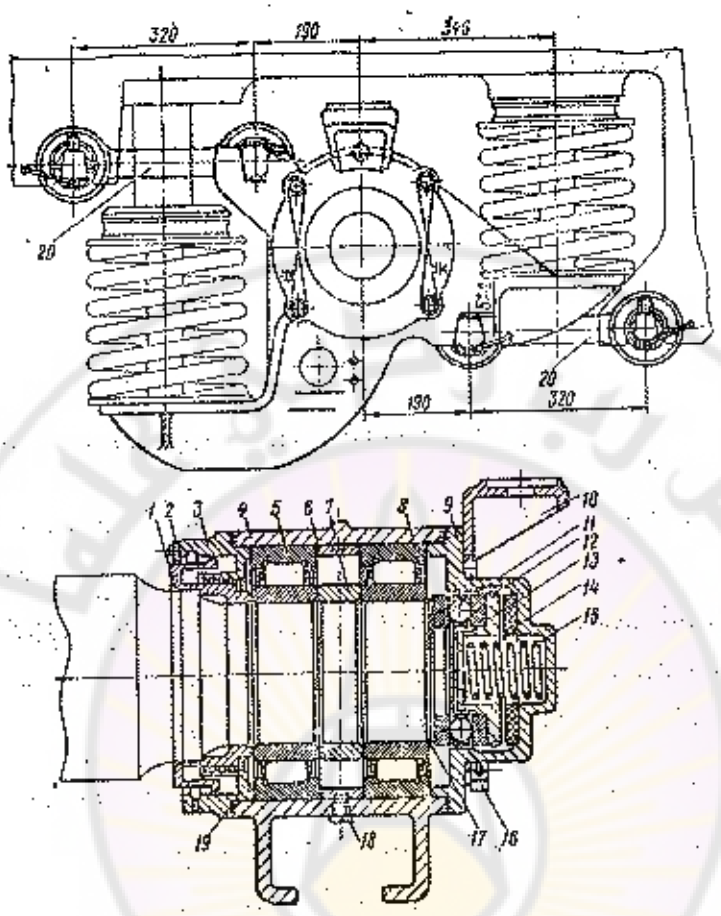
y = ٢٢ مم •

ـ المضاجع عديمة الدلائل :

يظهر مقطع في هذه المضاجع على الشكل (١٣٩) حيث ينعدم فيها احتكاك الانزلاق •

ليس لهيكل هذه المضاجع سطوح جانبية ناقلة للقوى ، انما يحتوي على أربع آذان تصله بالاذرع ٢٠ بوساطة حلقات (جلب) معدنية ـ مطاطية ، وتتصل هذه الاذرع بقاعدة السرير من جهة أخرى وبوساطة حلقات مشابهة •

يسمح هذا الوصل بالانزياح المرن نسبة للقاعدة في الاتجاه العمودي والعرضي • يحتوي الهيكل على حاملين ، يركب عليهما نوابض تابعة لنظام التعليق • وتلتحم على غطائه الامامي ٩ زاوية تعليق ١٠ تحمل مخمد احتكاكي•



شـــكل (١٣٩)

يتعدم في هذا المضجع الصحن الاستنادي الانزلاقي ، الذي استبدل بـه المدرجة الكروية ١١ ، المثبتة بين طرف محور العجلات والصحن ١٣ في المخمـد ١٤ ، ولا تحتاج هذه المضاجع الى تبديل الشحوم والزيوت في داخلها لانهـا تكفيها حتى الصيانة العامة .

٢ ـ سـرائر القاطرة :

تتحمل السرائر جسم القاطرة (الهيكل والقاعدة والتجهيزات الرئيسة والمساعدة)

وتنقل هذه الحمولات الى الخط الحديدي ، وتشارك في توليد قوى الجـر وقوى الكبح ، كما تنقل القوى العرضانية من الخط الحديدي الى قاعدة القاطرة .

يحتوي السرير على محاور العجلات ، المضاجع ، محركات الجر والمسننات ، ونظام التعليق وغيره ، وترتبط هذه الأجزاء مع قاعدة السرير وتشكل معها جسما واحدا ، مرتبطا مع قاعدة القاطرة .

تختلف بنية السرير باختلاف الوصلات الناقلة للحمولة ومجموعات الاستناد والارجاع وغيرهـا .

ـ مخطط انتقال الحمولات من قاعدة القاطرة الى السرير :

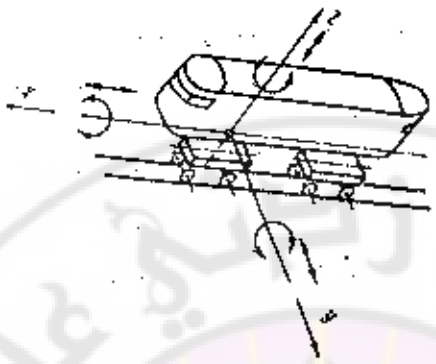
تنتقل الحمولات من القاعدةالرئيسـة الى السرير وفـق مخططات متعددة ، وتؤمن الوصلات التي تربط قاعدة القاطرة مع قاعدة السرير انتقال القوى ، باتجاه الاحداثيات الثلاثية شكل ١٤٠ ، حيث تنتقل القوى العمودية باتجاه المحور z والقوى الأفقية الطولانية باتجاه المحور x ، والأفقية العرضانية باتجاه المحور y كما تتيح الوصلات للسرير الدوران النسبي في المستوى الأفقي حول المحور z .

يتوزع وزن القاطرة بانتظام بين السريرين ، بحيث تتساوى الحمولات المؤثرة على الخط الحديدي من قبل كل محور من محاور العجلات . وتحدد الوصلة بين الهيكل والسرير ، اهتزازات الهيكل حول المحور x ، y .

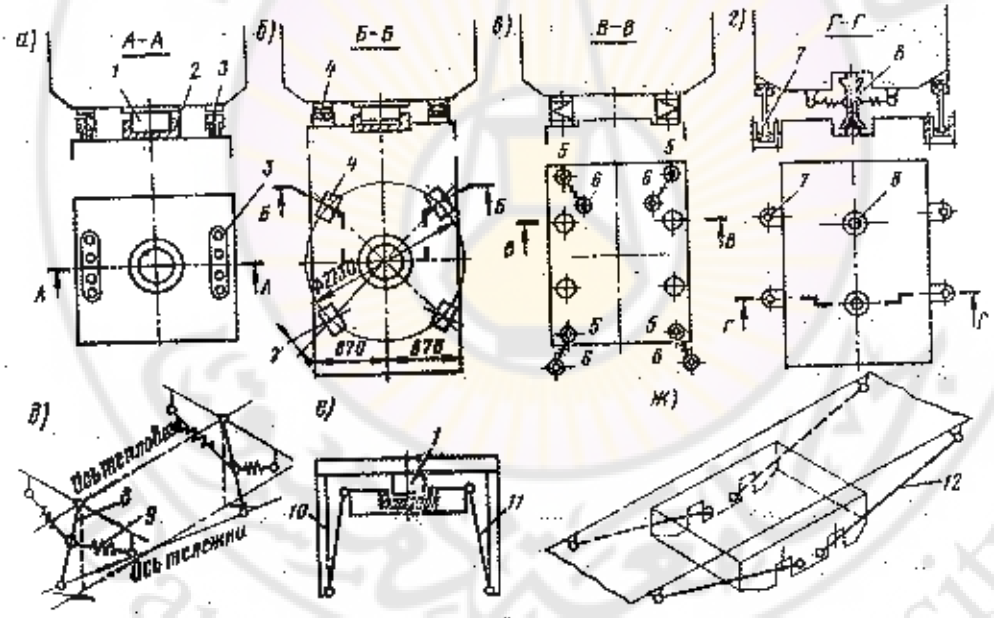
ويدخل في قوام هذه الوصلة مجموعة الاستناد والارجاع ، التي تعيد السرائر الى وضعها الطبيعي بعد اجتياز القاطرة للمنعطفات .

ـ يستند جسم القاطرة الى السرائر بأشكال مختلفة .

آ ـ تستند القاعدة الرئيسة الى كل سرير من خلال نقطة واحدة شكل ١٤١a، وتتألف من أسطوانة ١ ، متمركزة في المقر ٢ الموجود على السرير ، وتشكل وصلة عمودية (محوراً عمودياً) يدور حولها السرير في المستوى الأفقي (نسبة للقاطرة) وتنقل هذه الوصلة الحمولات الشاقولية والأفقية .



شكل (١٤٠)



شكل (١٤١)

ويضاف على كل سرير مسند جانبي ٣ في نقطتين يميناً وشمالاً ، حتى لا يميل الهيكل بشكل كبير ، (ينحرف قليلا عن الوضعية الشاقولية بمقدار ١ ــ ٥ر١ م)•

ب ــ تستند القاعدة الرئيسة الى السرير بوساطة الوصلة العمودية السابقة ، ومن خلال نقاط استناد جانبية ٤ ، متناظرة حول المحور • شكل ١٤١ b .

هنا تنقل الوصلة العمودية القوى الأفقيــة العرضانية فقط ، وتتلقى نقــاط الاستناد الجانبية الحمولات الشاقولية ، وهي اسطوانات تدحرجية ، هنــا يزداد ثبات جسم القاطرة على السرير في المستويات الشاقولية والأفقية نظرا لوجود نقاط الاستناد الجانبيــة •

جـ ــ تنتقل الحمولة العمودية من قاعدة القاطرة الى كل سرير من خلال نقاط استناد (٢ ــ ٤) فقط دون وجود وصلة عمودية شكل C١٤١ ، والتي تستبدل بها مجموعة أذرع أفقية قصيرة ، تنقل القوى الأفقية الطولانية • تتصل مفاصل الأذرع ٥ بقاعدة السرير ، وتتصل مفاصــل الأذرع ٦ بقاعدة القاطرة •• (يستخدم هــذا المخطط في القاطرات الهيدروليكية) •

د ــ تستند القاعدة الرئيسة الى قاعدة السرير بوساطة نقاط استناد جانبيــة مرنة عددها (٤ ــ ٦) دون وجود وصلة عمودية ، ويدور السرير بمساعدة العناصر المعدنية ــ المطاطية المرنة الموجودة في نقــاط الاستناد ، وبمساعدة عملية الانزياح العرضاني لعناصر الاستناد أيضا • (٢٠ مم في اتجاه واحد)• وتنقل عناصر الاستناد من خلالها القوى الأفقية أيضا •

هـ ــ تستند قاعدة القاطرة على قاعدة السرير ، بوساطة مجموعتي اســتناد (نقاط استناد) شاقوليتين ٨ شــكل ١٤١ متأرجحتين ، متوضعتين على المحــور الطولي ، وتتصل كل منها بقاعدة القاطرة وقاعدة السرير بمساعدة جلب معدنية ــ مطاطية مخروطية •

تنقل نقــاط الاستناد هذه القوى الأفقيــة الطولانيــة ، ونصف الحمولات

الشاقولية ، وينتقل النصف الآخر من الحمولات الشاقولية باستخدام أربعة من الأعمدة الاستنادية الجانبية ٧ ، التي تحافظ على الاستقرار العرضاني للقاطرة .

يدور السرير بمساعدة نقاط الاستناد الرئيسة ، التي تميل قليلاً عن المحور الشاقولي شكل ١٤١ d ويعود السرير الى وضعه السابق بمساعدة الأذرع الأفقية المرنة ٩ ، التي تنقل القوى العرضانية أيضا .

يجعل هذا المخطط البندولي القاطرة أكثر استقرارا ، وذلك بانخفاض مستوى نقطة تحويل القوى الشاقولية على قاعدة السرير ، ويخفف الضغط عن الخط الحديد ، لذا لاقى انتشارا واسعا على القاطرات الحديثة .

ك ــ تستند القاعدة الرئيسة الى قاعدة السرير بمساعدة أربع أذرع متأرجحة ١١ شكل ١٤١ c ، وبوجود الوصلة العمودية ١٠ ، تنقل القوى الأفقية بوساطة زواياها . وتنتقل القوى الأفقية الطولانية أحيانا باستخدام مجموعة أذرع طويلة مائلة ١٢ ، تصل ما بين القاعدة الرئيسة والسرير شكل (١٤١ J) .

عندما تتألف عناصر الاستناد المرنة من نوابض عالية مثبتة في قاعدة القاطرة وقاعدة السرير ، تظهر قوى عكسية ، تحاول اعادة السرير الى وضعه السابق بعد اهتزازه ، وذلك بنتيجة مقاومة النوابض للاهتزاز العرضاني .

٢ــ١ــ انواع السرائر :

تصنف السرائر تبعا لنوع نظام تحويل الطاقة ، عدد محاور العجلات ، طريقة نقل عزم الدوران الى العجلات ، وتختلف بنية السرير وقاعدة ه، باختلاف طريقة نقل الحمولات من جسم القاطرة .

يحتوي السرير عادة على محوري حركة ، أو ثلاثة أو أربعة أحيانا . ويتألف السرير أساسا من قاعدة ، مجموعات استناد وارجاع ، محاور العجلات ، مضاجع ، نظام التعليق ، وتتوضع على السرير نظم الكبح الهوائي ، والامداد بالرمل وغيرها . وهناك سرير بدلائل وسرير عديم الدلائل .

ـ السرير ذو الدلائل :

يظهر على الشكل ١٤٢ ، وله ثلاثة محاور ١٠ ، ويستخدم في قاطرة الديزل الكهربائية ، تتمحور المحاور في الدلائل ١ ، بوساطة المضاجع ٦ ، ١١ . تشد الدلائل بالعارضة ٩ . تركب مجموعات الاستناد والارجاع ٣ على محيط دائري حول الوصلة العمودية ، وتتلقى هذه المجموعات الحمولات الشاقولية ، وتساعد على امتصاص اهتزازات الهيكل العام والسرير في المستوى الأفقي .

ـ السرير عديم الدلائل :

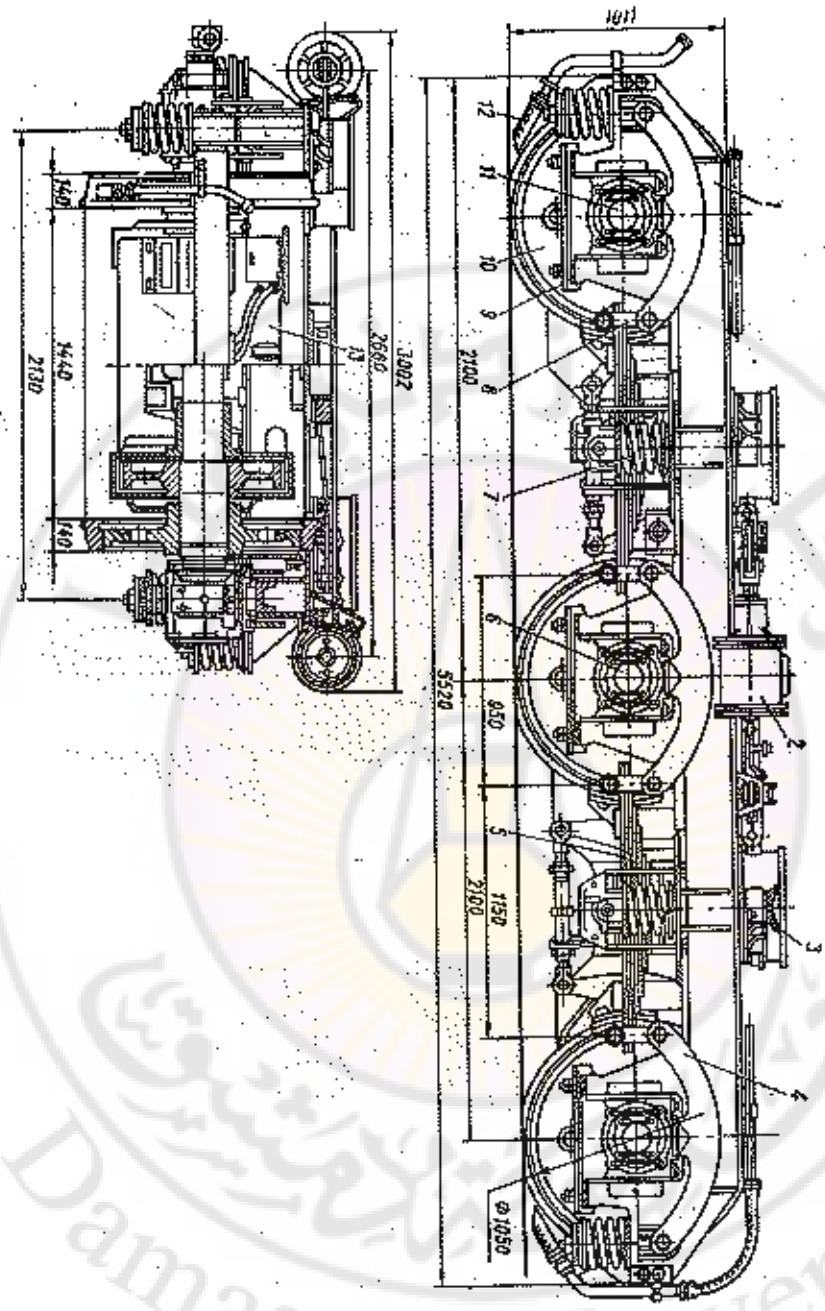
شكل (١٤٣) ويختلف عن السرير السابق ببنية المضجع وبطريقة توضع محركات الجر ٣ (على جهة واحدة) . ويستطيع المقر ١٥ الانزياح عرضانيا نسبة لوصلته ٩ ، وتتصل المضاجع ٥ ، ١١ بقاعدة السرير بمساعدة الأذرع ١٢ ، التي تنقل القوى الأفقية . ويتلقى السرير الحمولات الشاقولية على كل مضجع بوساطة مجموعات النوابض ١٠ .

٢ـ٢ـ قاعدة السرير :

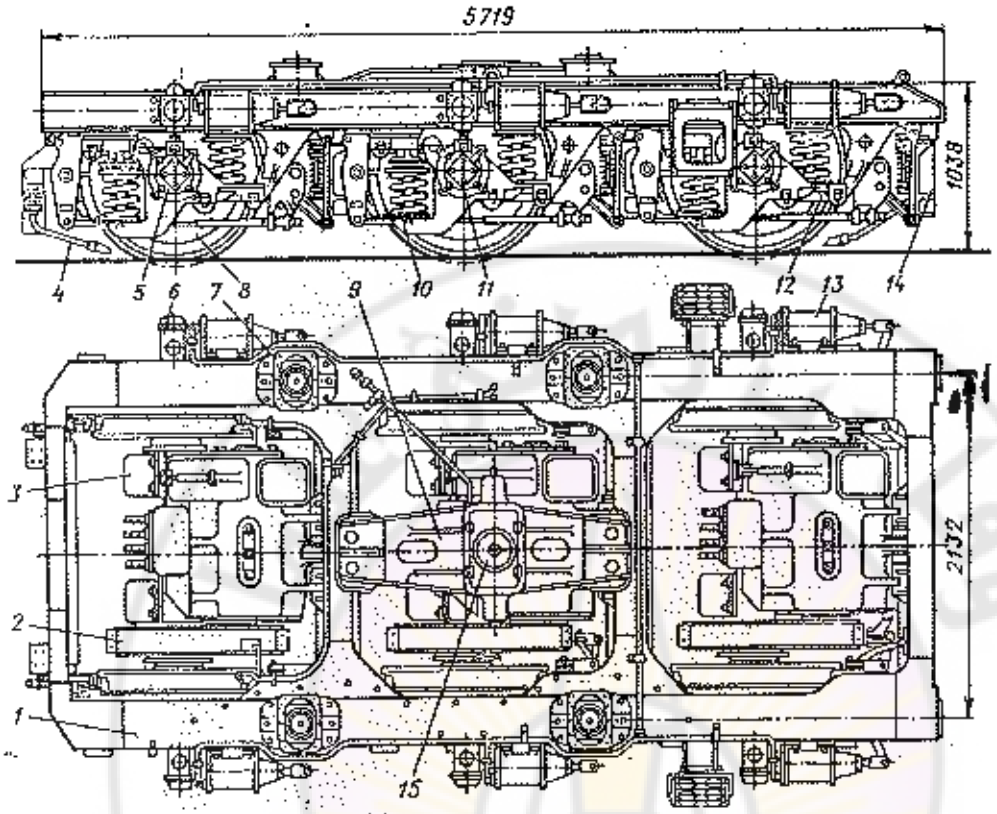
تختلف بنية القاعدة باختلاف عدد المحاور ، مجموعة الاستناد والارجاع ، وصلة نقل عزم الدوران .

تتألف القاعدة من الجوانب ، التي تتصل بالمضاجع ، وتتصل مع بعضها بطرائق متعددة ، تظهر على الشكل (١٤٤) a قاعدة ثنائية المحاور تتحد جوانبها ١ مع بعضهما بعوارض مختلفة وتحتوي القاعدة على عمود نقل الحركة (وصلة عمودية) يدخل في المقر الواقع في منتصف العارضة الوسطية ، تولد العارضة ٣ القساوة الضرورية للقاعدة ، وتتوضع عليها الأجزاء الأخرى .

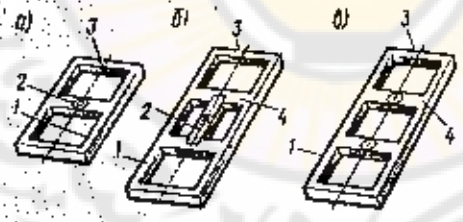
ويظهر على الشكل ١٤٤ b ، c مخطط قاعدة ثلاثية المحاور ، فيها عارضتان ٤ مخصصتان لاستيعاب الوصلات العمودية C يصل بينهما جسر طولاني ٢ (b) ، يحتوي في وسطه على مقر الوصلة العمودية ويستند الى العوارض ٤ . تضع جوانب


1011
12
11
10
9
8
7
6
5
2100
5520
950
1150
2100
ø1050
2680
1002
1440
2130
160
140
13
1
2
3
4

شـــكل (١٤٢)

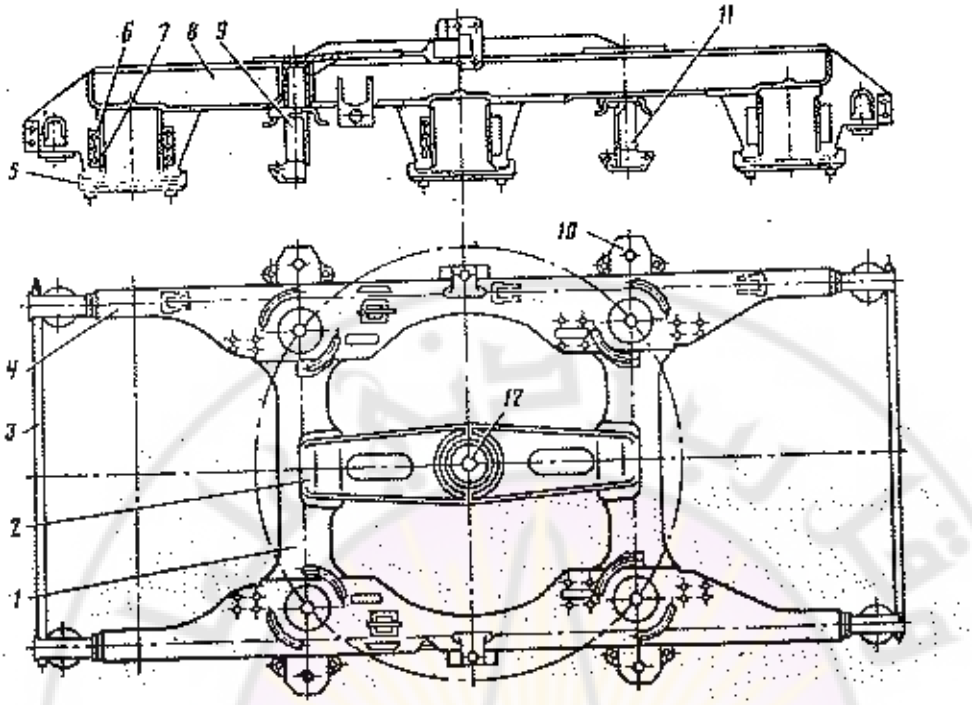


شـــكل (١٤٣)



شـــكل (١٤٤)

القاعدة من صفائح فولاذية سميكة الجدران ، بطريقة السكب أو اللحام . لكـــن جوانب القواعد الحديثة تصنع على شـــكل صندوق مقفل ، من صفائـــح فولاذية بطريقة اللحام . ويظهر على الشكل (١٤٥) نموذج لهذه القاعدة مؤلف من الجوانب



شـــكل (١٤٥)

٨ ، عارضتين ١ تصل بين الجوانب ، وعارضتين طرفيتين ٣ ، وجســر طولاني ٢ ، يحتوي على مقر الوصلة العمودية ١٢ .

وتقوى الجوانب والعوارض في مكان التحامها باضافة الصفائح العلوية ٤ ، التي تحمل مجموعات الاستناد والارجاع ، كما تركب في المقر ١٢ جلبة اسطوانية، قابلة للتبديل عندما تتعرض للتآكل .

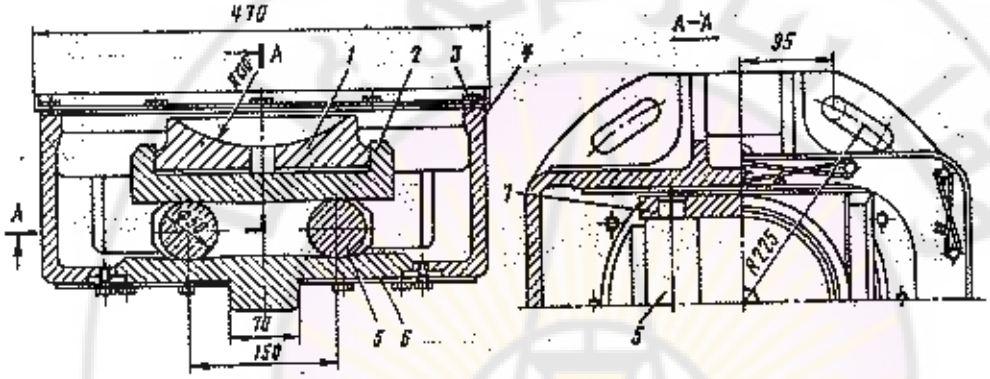
تتوضع مجموعات الاستناد على دائــرة مركزها منتصف العمــود الطولاني الوسطي وتتلقى الحمولات الشاقولية ، مما يحمي العوارض والوصلة العمودية من قوى الانحنــاء .

يلحم على جوانب القاعدة دلائل المضاجع ٦ ، وتثبت عليها صفائح فولاذية ٧،

وحوامل ٩ ، ١١ بوساطة البراغي ، (تحمل محركات الجر) ، ويوجد على الجوانب من الخارج قواعد استناد مخصصة لتركيب نوابض نظام التعليق .

٢ـ٣ـ مجموعة الاستناد بالارجاع :

تظهر على الشكل ١٤٦ مهمتها نقل الحمولات الشاقولية الى السرير ، المحافظة على استقامة محاور القاطرة والسرير واعادة السرير الى وضعه الطبيعي بعد اجتياز المنعطفات .



شـكل (١٤٦)

وتتألف من علبةفولاذية ٤ ، تحتوي على صحنين استناديين علوي ٢ ، وسفلي ٦ ، ومقر ١ يحمل المسند الكروي للقاعدة الرئيسة .

يفصل بين الصحنين اسطوانتان ٥ ، يجمعها الغطاء ٧ ، ويملأ الفراغ المحصور داخل المجموعة بالزيت المحوري ، ويغلف بالغطاء ٣ للحماية من الظروف المحيطة .

تعمل الاسطوانتان على سطح مائل على الجهتين بزاوية ضئيلة (٢ درجة) ، تنزاح الصحون الاستنادية بعضها نسبة لبعض عند مرور القاطرة بمنعطف ما ، وتتدحرج الاسطوانتان على السطوح المائلة ، فتتولد قوة أفقية ، تعمل على اعادة الاستناد الى الوضع الطبيعي .

ويتزلق المقر ١ بمسند القاطرة الكروي ، ويدور قليلاً نسبة اليه . وقد يصادف أن تكون سطوح عمل الاسطوانات على شكل أقواس وليست مائلة ، ويمكن أن تركب مجموعات الاستناد والارجاع بموازاة محور السرير وليس بشكل دائري .

٣ ـ نظام التعليق المرن :

٣ـ١ـ اهتزازات القاطرة في اثناء المسير :

تتعرض القاطرة خلال حركتها للاهتزازات المختلفة ، بسبب التأثيرات الدورية من قبل تشوهات الخط الحديدي والفواصل بين قضبانه ، تغير قساوة الخط ، التآكل العشوائي لاطارات العجلات ، الخلوص في المضاجع ، اختلال الشكل الدائري للعجلات وغيرها .

يتعرض جسم القاطرة للاهتزاز ككل ، ويتعرض الهيكل والقاعدة وقاعدة السرير لاهتزازات معينة أخرى .

ـ انواع الاهتزازات :

ـ انزياح محور القاطرة نسبة لمحور الخط الحديدي في المستوى الأفقي ويتعلق بانزياح السرير العرضاني في الاتجاهات المختلفة .

ـ الانزياح العرضاني للقاطرة بين القضبان الحديدية ، مع احتفاظها بموازاة محورها مع الخط .

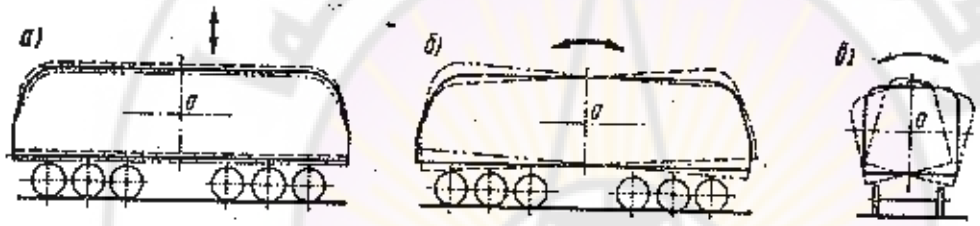
تتعلق ظاهرة اهتزاز القاطرة بحالة الخط الحديدي الفنية ، ويأخذ طابع العشوائية بتواتر ضعيف ، غير أن اهتزاز التركيب العلوي (الهيكل ، القاعدة ، قاعدة السرير) أكثر تواترا وتشعبا . وعندما تقوم العناصر المرنة بامتصاص قسم من الطاقة الناتجة عن الصدمات بين القاطرة والخط في الفواصل بين القضبان ، تتحول الطاقة الممتصة الى اهتزاز التركيب العلوي للقاطرة ، وتأخذ الاهتزازات الأشكال التالية :

ـ القفز شكل ١٤٧ a حيث يبقى مستوى القاعدة الرئيسة موازيا لمستوى الخط ، وبعد انزياح شاقولي •

ـ الاهتزاز الطولي شكل ١٤٧ b ويحدث للقاطرة في المستوى الشاقولي الطولي حول محور أفقي عرضي •

ـ الاهتزاز العرضي (الجانبي) ١٤٧ C ويحدث للقاطرة في المستوى الشاقولي العرضي حول محور أفقي طولي •

تؤدي اهتزازات القاطرة الى زيادة الحمولات الدينامية وتؤثر في بنية القاطرة وفي استقرارها في أثناء المسير •



شكل (١٤٧)

لذا تحتوي على عناصر مرنة تصل ما بين قاعدة السرير والمضاجع ، وبين الهيكل والسرير ، يطلق على مجموعة العناصر المرنة هذا اسم نظام التعليق المرن ، الذي يدخل في تركيبه عناصر قاسية أيضا ، وتتصل النوابض فيما بينها بوساطة أقواس التوازن أو أذرع الاتصال ، حيث تتوزع الحمولات بين محاور العجلات بانتظام تقريبا ، كما يخفف نظام التعليق من آثار الصدمات المؤثرة على العجلات من قبل الخط الحديدي •

ويجب التفريق هنا بين مفهومي التركيب العلوي للقاطرة كما مر معنا سابقا ، والتركيب السفلي (وزن محاور العجلات ، المضاجع وجزء من محرك الحر) الذي يؤثر في الخط ويتلقاه دون تخميد •

٣-٢- العناصر المرنة :

وهي النوابض الصفيحية ، النوابض الحلزونية ، والعناصر المطاطية والهوائية .

تقوم مجموعة النوابض الصفيحية بامتصاص الاهتزازات ، من خلال الاحتكاك الحاصل بين الصفائح ، الذي يؤدي الى إخماد الاهتزازات وتلاشيها ، غير أن حساسية النوابض غير كافية تجاه الاهتزازات البسيطة .

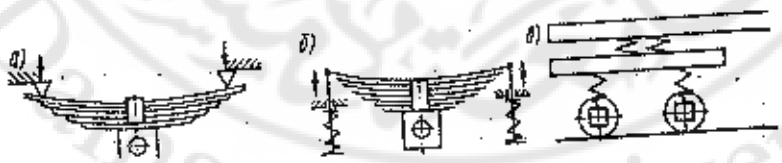
أما النوابض الحلزونية فتتمدد وتتقلص طردا مع الحمولة المؤثرة عليها دون أن يحدث فيها احتكاك ، لذا تخمد الاهتزازات فيها وتتلاشى ببطء .

وتستخدم العناصر المطاطية والمعدنية المرنة الأخرى للاسراع في إخماد الاهتزازات . ويوجد عناصر إخماد احتكاكية اضافية . كما يوجد نظم تعليق هوائية بالكامل .

ـ تقسم نظم التعليق المرنة الى نظم منفصلة ، ونظم متحدة ، تجمعها أقواس الموازنة .

وهناك نظام التعليق الفردي ، والنظام المزدوج ويوجد عنصر مرن واحد في النظام الاول شكل ١٤٨ a وعنصران متسلسلان في النظام الثاني شكل ١٤٨ b .

كما يوجد نظام تعليق ذو المرحلة الوحيدة ، ونظام المرحلتين المتتاليتين ، يحتوي الأول على عناصر مرنة ما بين قاعدة السرير والمضاجع ، ويحتوي النظام الثاني على مرحلة إخماد ثانية بين قاعدة القاطرة وقاعدة السرير شكل ١٤٨ C .



شكل (١٤٨)

٣ـ٣ـ خواص العناصر المرنة ومواصفاتها :

أهم الخواص والمؤشرات ، التي تميز العناصر المرنة بشكل خاص ، ونظام التعليق بشكل عام هي : الانحناء والقساوة .

ـ الانحناء f : هو انحناء الصفائح النابضية أو النوابض الحلزونية، ويساوي التغير الحاصل في ارتفاعاتها ، تحت تأثير الحمولة المؤثرة .

وهناك الانحناء الستاتيكي f_0 ـ وهو الانحناء الحاصل ، تحت تأثير وزن أجزاء القاطرة الواقعة فوق نظام التعليق في حالة الوقوف . ويتراوح هذا الانحناء من ١٠٠ ـ ١٢٠ مم لقاطرات الشحن ، و ١٦٠ ـ ١٨٠ مم لقاطرات الركاب ، ويتناسب طردا مع الحمولة الشاقولية P .

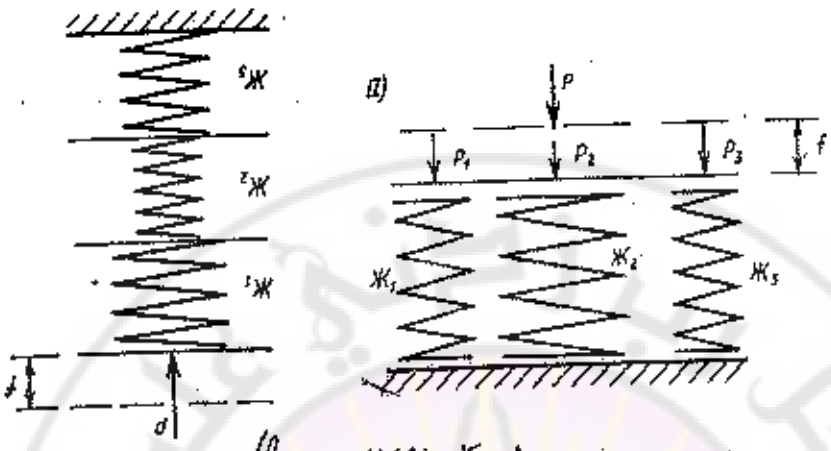
ويعبر عن مرونة النوابض المختلفة بقساوتها J وهي نسبة الحمولة الشاقولية على مقدار الانحناء .

$$J = \frac{P}{f} \quad kg.f/MM \; ; \; KN/MM \; ;$$

أي أن القساوة هي الحمولة الضرورية لانحناء النوابض بمقدار واحدة القياس (١ مم) وتساوي ليونة النوابض (مرونتها) ، القيمة العكسية للقساوة ، أو الانحناء تحت تأثير واحدة الحمولة .

$$r = \frac{f}{P} \; ;$$

وتختلف قساوة نظام التعليق باختلاف قساوة أجزائه ، وتوزيع الحمولة بينها، فاذا انتقلت القوة P من خلال مجموعة عناصر مرنة تعمل على التوازي شكل (١٤٩) قساوتها على التسلسل J_1 ، J_2 ، J_3 . وتتعرض لحمولة معينة .



شـــكل (١٤٩)

P_3 ، P_2 ، P_1 .

يكون : $P_1 = f_1 . J_1$ ، $P_2 = f_2 . J_2$ ، $P_3 = f_3 . J_3$

— وللمجموعة $P = J . f$

— حيث أن $P = P_1 + P_2 + P_3$

— أو $J . f = J_1 . f_1 + J_2 . f_2 + J_3 . f_3$

واذا كان انحناء النوابض متساويا (عند العمل بصورة متوازية) :

$f = f_1 = f_2 = f_3$;

فـان

$J = J_1 + J_2 + J_3$;

أي أن قساوة النظام (المجموعة) المؤلف من عـدة عناصر مرنة تعمـل على التوازي تساوي مجموع قساوة كل هذه العناصر .

اذا كانت العناصر تعمل على التسلسل شكل ١٤٩ b .

$$f_3 = \frac{P_3}{J_3} \quad , \quad f_2 = \frac{P_2}{J_2} \quad , \quad f_1 = \frac{P_1}{J_1}$$

يصبح انحناء المجموعة مساويا مجموع انحناءات العناصر المؤلفة لها .

$$f = f_1 + f_2 + f_3$$

أو

$$\frac{P}{J} = \frac{P_1}{J_1} + \frac{P_2}{J_2} + \frac{P_3}{J_3} \quad ;$$

ومن الواضح أن الحمولات المؤثرة في النوابض المنفردة متساوية فيما بينهـا وتساوي الحمولة P المؤثرة في المجموعة .

$$P = P_1 = P_2 = P_3$$

ومنـه

$$\frac{1}{J} = \frac{1}{J_1} + \frac{1}{J_2} + \frac{1}{J_3}$$

أو

$$r = r_1 + r_2 + r_3$$

أي أن مرونة مجموعة العناصر المرنة العاملة على التسلسل تساوي مجموع مرونات العناصر المؤلفة لها .

ـ نظام التعليق في السرير ذي الدلائل :

شكل ١٥٠ . ويتألف من مجموعتي نوابض وسطية وطرفية ، أقواس توازن ١١ ، حوامل ١٢ . تتألف مجموعة نوابض الوسط امن نوابض صفيحية ٩ (عددها ثمانية) ، نابضين اسطوانيين ٤ ، تتوضع جميعا في مجموعة واحدة ، بمساعدة المحور ٢ ، المار من ثقب صحن الاستناد ٣ والقابض ٨ .

تستند قاعدة السرير ١٠ الى مجموعة نوابض الوسط بوساطة الصحن ٧ والمخمدات المطاطية (الحلقات) ٥ . وتثبت هذه الحلقات مع النوابض بوساطة المحور ٦ التابع للصحن ٧ .

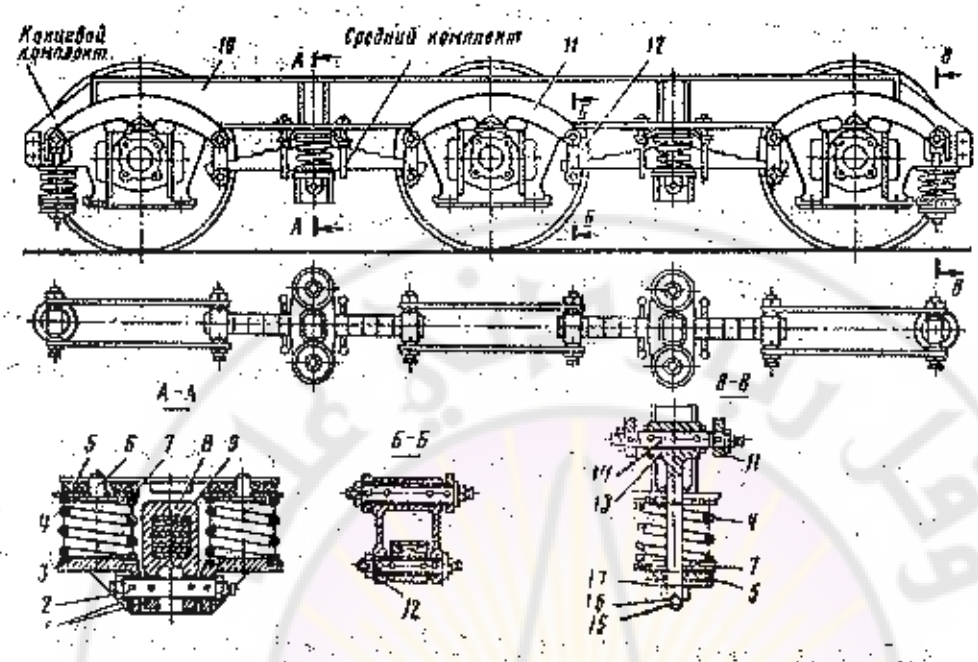
يتألف الصحن الطرفي من نابض أسطواني ٤ ، حامل ١٣ ، محور ١٤ ، حلقة مطاطية ٥ ، صحون ٧ ورقائقها ١٧ التي تثبت بالبرغي ١٦ والمحور ١٥ . ولا تختلف هذه النوابض عن مثيلتها في المجموعة الوسطية .

ـ نظام التعليق في السرير عديم الدلائل :

هو نظام منفرد ، خال من أقواس التوازن تتألف مجموعة النوابض في مضاجعه من ثلاثة نوابض تعمل متوازية .

اذا رمزنا بـ J_k قساوة المجموعة الواحدة ، تكون قساوة المضجع $J_n = 2\,J_k$ وقساوة السرير : $J_{ك} = 12\,J_k$ وقساوة القاطرة $J = 24\,J_k$.

يتميز هذا النظام بخفته (أخف بثلاث مرات من النظام ذي الأقواس) . ولا يحتوي على مفاصل قابلة للتآكل ، لكنه يتطلب نوابض دقيقة بأبعادها وبقساوتها .



شكل (١٥٠)

٤ ـ القاعدة الرئيسة والهيكل :

٤ـ١ـ ظروف عمل القاعدة والهيكل :

تتحمل القاعدة الرئيسة كتلة التجهيزات الرئيسة والتجهيزات المساعدة في القاطرة ، وتتميز بالمتانة والقساوة الكافيتين .

وتزداد المتطلبات الضرورية حين القاعدة بزيادة استطاعة القاطرات ، نظرا لازدياد تأثير القوى الطولانية والعرضانية (تساوي كتلة مجموعة الديزل ـ المولدة ٣٠ طنا تقريبا) لذا تعد القاعدة أضخم الأجزاء الرئيسة وأثقلها .

يحمي الهيكل تجهيزات القاطرة ويحفظها من التأثيرات الخارجية، ويكون مغلقا كالعربة العادية ، إما مؤلفا من قطع عديدة قابلة للتفكيك والطي . يتألف النوع الأول من بنية ضخمة بأبعادها ، متصلة بالقاعدة الرئيسة من كل الجوانب ، ويتحمل

الهيكل أحيانا بعضا من تأثير القوى الشاقولية والأفقية مع القوعدة ويسمى عند ئذ الهيكل المحمّل .

تصمم القاعدة وتحسب مع الهيكل المحمّل على الانحناء الحاصل ، تحت تأثير القوى الشاوقلية الستاتيكية والديناميكية وتحسب على التمدد والانضغاط تحت تأثير القوى المؤثرة على مجموعة القطر وتساوي قيمة القوى الحسابية ٢٥٠٠ ك. نيوتن .

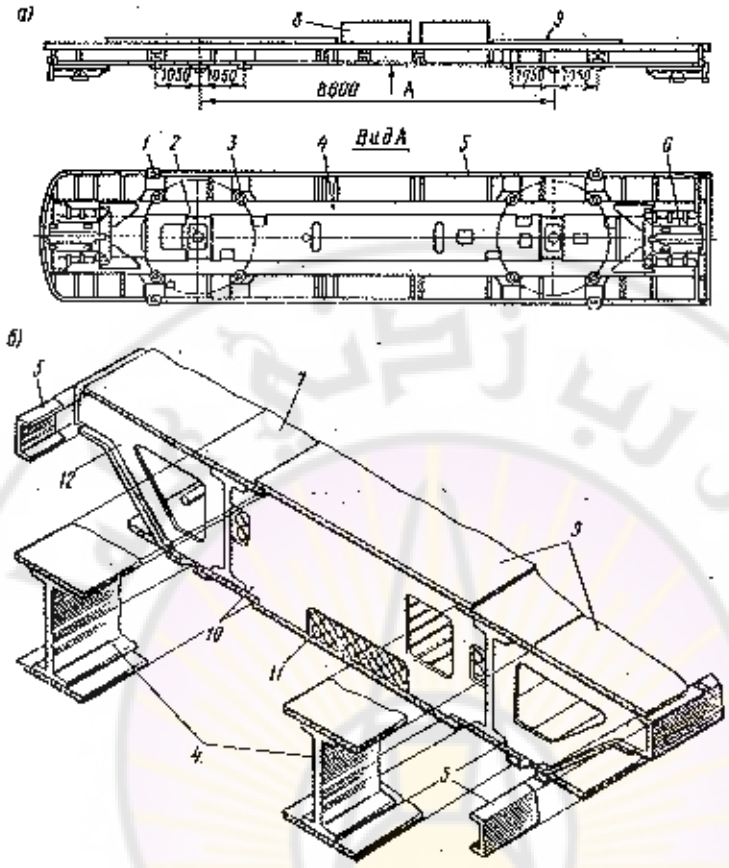
يظهر على الشكل (١٥١) مقطع قاعدة فولاذية لإحدى القاطرات ، تتألف القاعدة من جسرين رئيسين ٤ ، تصل بينهما جسور عرضية مسطحة ١٠ ، سماكتها (١٢ مم) ، تتوضع في نهايتي القاعدة مجموعات القطر والوصل ٦ .

تُقوى الجسور الرئيسة من الأعلى ومن الأسفل بصفائح فولاذية طولانية عريضة ٧ ، سماكتها ٢٠ مم ، وتمتد الصفيحة السفلى على طول القاعدة ، وتمتد الصفيحة السفلى الى حجرة القيادة ، وتربط الصفائح الأفقية ٩ الجسور فيما بينها وتلتحم عليها من الأعلى والأسفل (سماكتها ٨ مم في الاسفل ١٤ مم في الاعلى) . وتحتوي القاعدة زوايا حاملة ١٢ مصنوعة من صفائح سماكتها ٦ مم ، وملتحمة على القاعدة من الخارج .

يحيط بالقاعدة من الخارج حزام ٥ مؤلف من جسور فولاذية مقطعها شكل مجرى . ويعد هذا الحزام أساس الهيكل ، ويلتحم على نهايات الزوايا العرضانية ١٢ ، وتحتوي القاعدة على أربعة مساند ضرورية لرفع القاطرة في أثناء الصيانة والاصلاح .

تحمل القاعدة من الاسفل مجموعة أنابيب ١١ ، يحتوي بعضها على كابلات خاصة بالتجهيزات الكهربائية ، ويشكل بعضها الآخر قنوات مرور تيار الهواء الذي يقوم بتبريد محركات الجر .

وتركب على القاعدة من الجهتين في منتصفها ، صناديق معدنية ٨ بطريقة اللحام تحمل المدخرات الكهربائية . كما يلحم على القاعدة من الأسفل ، عمودان اسطوانيان



شـكل (١٥١)

(وصلتان عموديتان) قصيران ، مهمتهما ربط الهيكل بسـرائر القاطرة ، ويوجد حول كل منها أربعة مجموعات استناد كروية ٣ • تستند القاعدة الرئيسة من خلالها الى قاعدة السرير •

ـ مجموعة القطر والوصل :

مهمتها وصل القاطرات مع بعضها (إن كان هناك أكثـر من قاطرة تشترك في عملية الجر) ، وبالعربات أيضا ، ونقل القوى الطولانية المختلفـة • والتخفيف من تأثير قوى الصدمات ، الحاصلة في أثناء المسير •

هنالك نوعان من مجموعات القطر وهي المجموعة القاسية والمجموعة المرنة .

تتميز المجموعة المرنة بقدرتها على الانزياح الشاقولي الكبير نسبيا ، مع بقاء محاورها متوازية .

أما المجموعة القاسية فلا تقدر على الانزياح ، دون حدوث ميلان معين ، ويتم ذلك بفضل المفاصل الكروية ، التي تربطها بالقاعدة .

وهنا لدمجموعة قطر ذات قساوة متوسطة ، تعمل كالمجموعة المرنة ، لكن انزياحها الشاقولي محدود .

يقع محور المجموعة الطولي على امتداد محور القاعدة الرئيسة ويقع كل منهما على ارتفاع مختلف عن الآخر .

تتألف المجموعة من حلقة القطر والوصل ، عناصر امتصاص الصدمات (تخميد) ، عناصر استناد ، عنصر مطابقة المحاور ، وصلة الانفكاك ، ويجمع هذه العناصر هيكل فولاذي .

وتتألف عناصر التخميد من عناصر احتكاكية ، ونوابض ، تحوّل الطاقة الحركية للصدمات والاهتزازات الطولانية الى عمل ميكانيكي لقوى الاحتكاك ، والى طاقة كامنة في النوابض جزئيا .

ويتألف عنصر مطابقة المحاور من وصلة تعمل على مبدأ النواس .

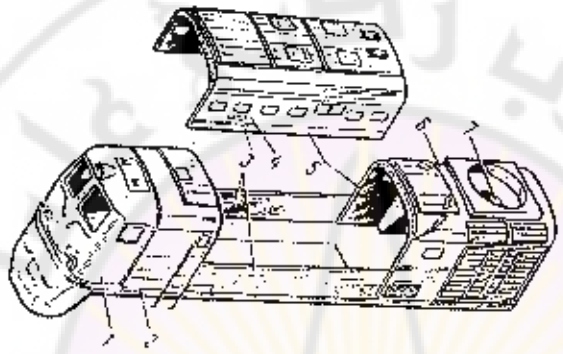
وتتألف وصلة الانفكاك من ذراع يتصل بقفل المجموعة ، وتعمل الوصلة يدويا ، وهنالك وصلات تعمل بالهواء المضغوط .

٤ـ٢ـ الهيكل :

يتألف الهيكل أساسا من المقدمة شكل (١٥٣) ، التي تحتوي على حجرة القيادة ١ ، والقطاع ٢ الذي يغلف الحجرة التي تحتوي العناصر الكهربائية عالية

الجهد ، وضاغط الهواء ، والجزء الوسطي ٣ الذي يغطي مجموعة الديزل المولد ، والمؤخرة ٦ التي تحتوي على حجرة التبريد .

تتألف بنية الهيكل أساسا من شبكة من القضبان الفولاذية ، المرتبة على شكل مربعات ، تغطيها من الخارج ألواح فولاذية (سماكة ٢٫٥ مم) بطريقة اللحام . ويغطيها من الداخل صفائح فولاذية أخرى تشكل غطاءً داخلياً .



شكل (١٥٢)

يغلف الجزء العلوي ٤ ، محرك الديزل ، وهو جزء قابل للفك ، وترتبط الأجزاء الأخرى بالقاعدة بطريقة اللحام ، مما يجعل الهيكل أكثر قساوة ومتانة .

تحتوي أغطية الهيكل على نوافذ متعددة منها : مداخل الهواء ، فتحات الأباجورات وفتحات هواء الديزل ، وفتحة خروج الهواء من حجرة التبريد وغيرها . ويستخدم بعض النوافذ لفك واخراج بعض التجهيزات بغرض اصلاحها .

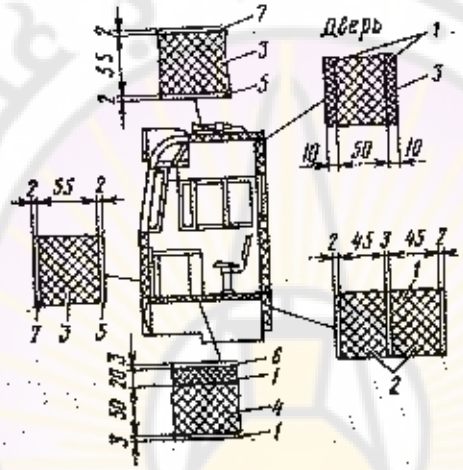
ـ حجرة القيادة :

توفر حجرة القيادة الظروف المريحة لاقامة العناصر فيها . وتصمم الحجرة عادة كجزء منفصل عن الهيكل ومعزول عنه وذلك للحماية من الضجة والصدمات والاهتزازات .

تركب الحجرة على الهيكل بوساطة براغي وحلقات مطاطية ، ويفصلها عن

الهيكل عشرات المخمدات المطاطية العازلة • يضع غطاء الحجرة الخارجي من صفائح معدنية سماكتها ٢ مم ، وتحتوي الحجرة على نوافذ في كل الجهات تقريبا ، تؤمن الرؤيا الجيـــدة •

تعزل الحجـرة حراريا عن حجرة الديزل بمادة عازلـة ، موزعة على الجدران والسقف والســطح الداخلي شـــكل ١٥٤ ، ويوجد في الجدران الخلفيـــة طبقتان زجاجيتان ٢ سماكتها ٤٥ مم وتعزل الجدران الجانبية والسقف بطبقة من الالومنيوم ٣ • تفصل بين الغطاء الخارجي ٧ والجدران الداخلية ٥ •



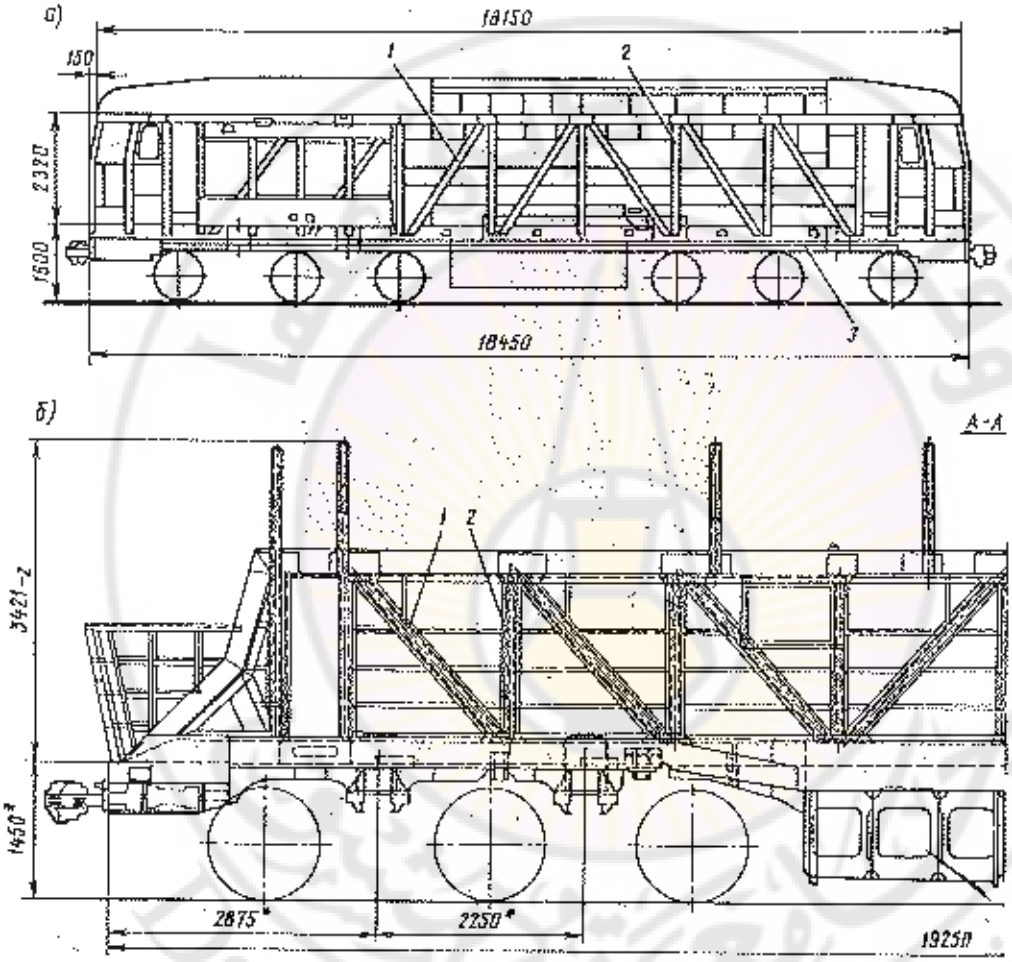
شـــكل (١٥٣)

وتضع أرضية الحجرة من ألواح مركبة على شبكة معدنية ، يوجد في أسفلها طبقة من القطن العازل للصوت ٤ سماكتها ٥٠ مم •

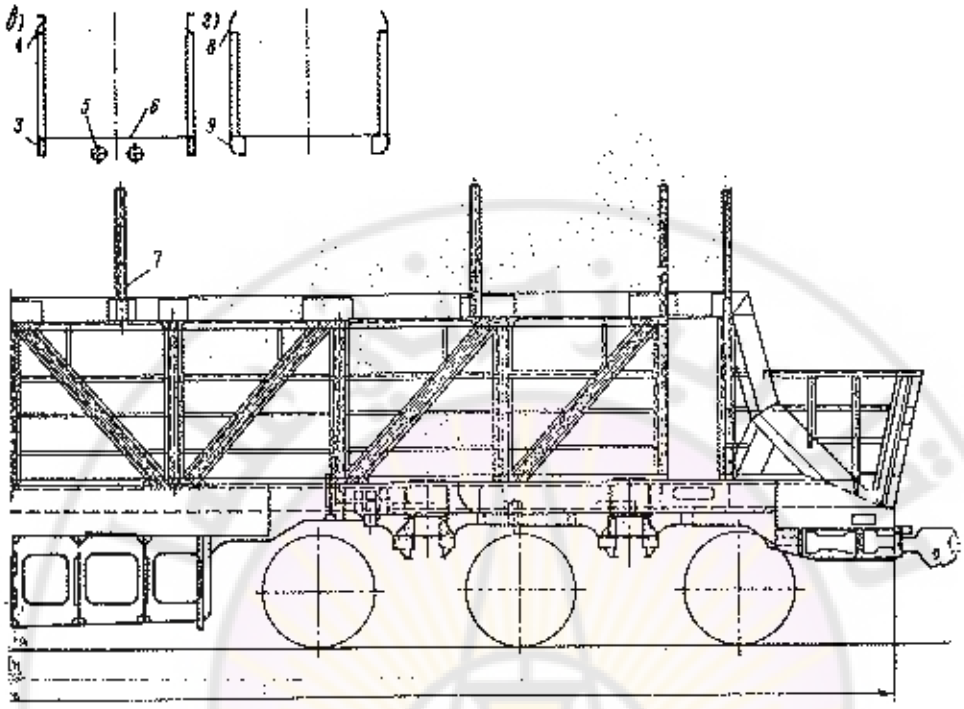
وتحتوي الحجرة على جهاز تدفئة يعمل في الظروف الباردة ، وامروحتين لفصل الحـــرارة •

ـ الهيكل المحمل :

يتألف من القاعدة الرئيسة والجدران الجانبية ، وتتلقى معا الحمولات المختلفة،


а)
18150
150
1
2
2320
1600
18450
3
б)
А-А
1
2
3421-2
1450*
2875
2250*
19250

شـــكل (١٥٤)



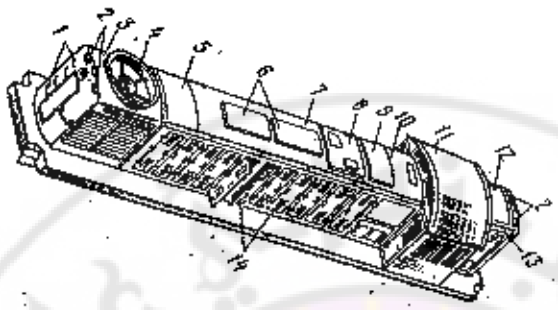
وتأخذ الجدران شكل شبكة معدنية من قضبان عمودية ومائلة، مغلقة بغطاء معدني رقيق بطريقة اللحام ، وتضع الجدران بشكل قشرة محيطة بالهيكل من كل الجهات وتدعم ببعض القضبان لزيادة قساوتها .

يظهر على الشكل ١٥٥ هيكل لإحدى القاطرات ، مؤلف من قضبان ١ ، ٢ ملتحمة على القاعدة ، المؤلفة من عمودين أنبوبيين ٥ (قطر ١٩٤ مم ، سماكة ٦ مم) وعمودين جانبين طولانيين ٣ ، لهما مقطع يشبه العلبة (٦٦ × ٢٥٠) مم ، وتغطى القاعدة من الأعلى بصفيحة فولاذية ٦ .

ـ الهيكل الصندوقي :

يستخدم على قاطرات المناورة شكل ١٥٦ ، ويتألف من خمسة أجزاء تغطي

حجرة التبريد ٣ ، مخرج المروحة ٤ ، حجرة الديزل ٧ ، حجرة التجهيزات الكهربائية عالية القدرة ١٠ ، حجرة القيادة ١١ ، وصندوق المدخرات الكهربائية ١٣ .



شـــكل (١٥٥)

ترتبط هذه الأجزاء الخمسة فيما بينهـا بالبراغي ، وتلتحم حجـرة القيادة ، وحجرة التبريد على القاعدة الرئيسة .

يرتبط صندوق الديزل بالقاعدة الرئيسة بالبراغي ويقبـل الفك والتركيب ، وتضع الجدران الجانبية بشـكل أبواب ١٤ ، لتسهيل عمليات المراقبة والصيانة ، كما تحتوي السقوف على نوافذ كبيرة تسمح باخراج التجهيزات في أثنـاء الصيانة والاصـلاح .

يتم اخراج المدخرات من النافذة ١٣ ، وضاغط الهواء من النافذة ٩ ، وشاحن الهواء من النافذة ٦ . ويسكب الرمل الجاف من النوافذ ٢ .

ولا تختلف القاعدة الرئيسة عـن القواعد السابقة ، وتتصل حجـرة القيادة بالمساحات المحيطة بصندوق القاطرة من خلال بابين .

٥ ـ استخدام وزن القاطرة في عملية التماسك بين العجلات والخط الحديدي :

٥ـ١ـ توزيع الاجزاء الرئيسة للقاطرة :

عند تصميم القاطـرة يجب توزيع أجزائها الرئيسـة ، بشكل تتساوى فيـه

الحمولات الشاقولية على محاور العجلات وعلى الخط الحديدي في النهاية .

لذا يجب أن ينطبق مركز ثقل القاطرة ، مع مركز طول القاعدة ، (نفرض مركز الثقل يقع على محور التناظر الشاقولي للقاعدة في المستوي العرضي) . ويجب أن تتوضع نقاط استناد الهيكل على السرير ، على مسافات واحدة من مركز ثقل القاطرة . كما يجب أن تتطابق مواصفات العناصر المرنة المؤلفة لنظام التعليق .

يتحقق الشرطان الأوليان عند تصميم القاطرة فيما يسمى عملية توزيع الأجزاء، ويتم الشرط الثالث عند اختيار العناصر المرنة .

غير أن تحقيق هذه الشروط الثلاثة بشكل مطلق، يعد عملية صعبة للغاية ، لأنه يوجد دائما بعض التباين بين الحمولات الواقعة على المحاور بحدود ٢ـ٣ ٪ .

٥ـ٢ـ توزيع الحمولات على الخط تحت تأثير قوة الجر :

تتضح هذه العملية عندما يستند الهيكل على السرير بقساوة ، وعندئذ لا يستطيع السرير الانزياح نسبة للهيكل في المستوى الشاقولي ، ويعدان جسما واحدا .

ينقل كل محور من محاور العجلات قوة تساو F_{kn} شكل (١٧٦) الى قاعدة السرير ، وتؤثر في مجموعة القطر والوصل قوة مساوية مقاومة وزن القطار W ، التي تساوي قوة الجر تقريبا .

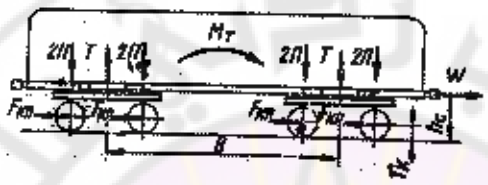
$$W = n \cdot F_{kn}$$

ونظرا لاختلاف مستويات تأثير هذه القوى في القاعدة والهيكل ، نسبة لمستوى الخط الحديدي ، يتولد عزم غير متوازن يساوي :

$$M_{\varphi} = n \cdot F_{kn} (h_c - r_k)$$

h_0 — ارتفاع مجموعة القطر ويساوي ١٫٠ مترا •

r_k — نصف قطر العجلة ويساوي ٠٫٥٢ م •



شـــكل (١٥٦)

يؤدي هـــذا العزم الى تغيـــير الحمولات الشاقولية على الســـرائر بمقدار

$$T = \frac{M_T}{B}$$

حيث :

B — قاعدة القاطرة •

ومن الواضح أن السرير الأول يتعرض لحمولة مخفضة ، ويتعرض الســـرير الثاني لحمولة اضافيـــة •

ويصبح التغير الحاصل في الحمولات كما يلي :

$$\pm\Delta P_2 = R_T = \frac{T}{m} = \frac{M_T}{m \cdot B} \quad ;$$

حيث :

m — عدد المحاور في السرير .

٦ — ديناميـة القاطـرة :

تعد تغيرات الحمولة المدروسة سابقا ، ستاتيكية ، لكن عندما تتحرك القاطرة بسرعات عالية ، تتولد حمولات دينامية . وتأخذ أبعادا كبيرة ، بسبب اهتزاز جسم القاطرة ، ونتيجة الصدمات الحاصلة من جانب الخط الحديدي (تشـوه الخط ، الفواصل بين القضبان وغيرها) .

تهتم ديناميكة القاطرات بدراسة التأثيرات المتبادلة بين القاطرة والخط الحديدي، في أثناء المسـير ، على الخط المستقيم وفي المنعطفات ، وتدرس الشروط الملائمـة لتحسين ظروف الحركة بشكل عام .

٦ـ١ـ الحركة على الخط المستقيم :

عندما تتحرك العجلات على الخط الحديدي المستقيم ، يبقى دائمـا خلوص معين بين حواف العجلات والسطوح الداخلية لرأس الخط . وتساوي قيمـة هذا الخلـوص :

الدنيـا $2\sigma_{min}$

$$2\sigma_{min} = 7 \text{ mm} \quad ;$$

والعظمى $2\sigma_{max}$

$$2\sigma_{max} = 39 \text{ mm} \quad ;$$

يتغير هذا الخلوص مع مرور الزمن من ٧ الى ٣٩ مم،ويسبب انزياحا عرضانيا حرا لمحور العجلات نسبة لمحور الخط ، ويأخذ هذا الانزياح ، صفة دورية غالبا .

ولقد مر معنا نوعان من هذا الانزياح (الاهتزاز) . حيث يتبع طول الموجـة الاهتزازية (أو دور الاهتزاز) الحالة الفنية لاطار العجلات ، ففي حالته الجيـدة

يساوي طـول الموجة ١٨ م ، وعندما تتآكل الآطر ، ينخفض هـذا الطول ويزداد تواتر الاهتزاز •

ـ تؤدي الحمولات الدينامية الشاقولية الى زيادة الحمولة على بعض محاور العجلات والى انخفاضها على البعض الآخر • ويوضع في الحسبان العامل الديناميي (زيادة الحمولة الستاتيكية بمقدار معين) عند اجـراء حساب وتصميم محـاور العجلات على المتانة :

كما يلي :

$$P_D = K \cdot P_c$$

حيث :

K ـ العامل الديناميي الشاقولي •

ويساوي k مايلي :

$$K = 0,1 + 0,2 \frac{v}{f_o}$$

حيث :

v ـ سرعة الحركة كم/سا •

f_o ـ الانحناء الستاتيكي لنظام التعليق م •

وتساوي K_{max} = ٠٫٣ •

٦ـ٢ـ الحركة في المنعطف :

لتسهيل حركـة العجلات في المنعطفات ، يجب زيادة عـرض الخط الحديدي

فيها بحدود Δ = ١٠ مم ، عندما يساوي نصف قطر المنعطف من ٣٠٠ ـ ٣٤٩ مترا ، و Δ = ١٥ مم عندما يكون نصف القطر أقل من ذلك .

وعندما تتحرك القاطرة في منعطف نصف قطره R بسرعة v ، تؤثر فيها قوة نابذة اضافية مساوية : C .

$$C = P_k \cdot \frac{v^2}{g \cdot R} \quad ;$$

وتؤثر في مركز ثقل القاطرة .

حيث :

P_k — وزن القاطرة .

g — تسارع الجاذبية الأرضية ٩٫٨١ م/ثا٢ .

وتبلغ هذه القوة ٣٠ ٪ من وزن القاطرة .

وتؤدي هذه القوة الى اعوجاج عرضي في الهيكل ، وزيادة الحمولة على المضاجع الخارجية ، وانخفاضها على المضاجع الداخلية .

وللتغلب على تأثير هذه القوى ، التي تحاول قلب القاطرة ، تتم زيادة ارتفاع الخط الحديدي الخارجي في المنعطف قليلاً (حتى ١٥٠ مم) . ويمكن بهذا موازنة قوة مؤثرة مساوية ١٠ ٪ من وزن القاطرة أو ثلث القوة النابذة الحاصلة، وما تبقى من هذه القوة يبقى دون موازنة .

ولمعرفة قدرة القاطرة على اجتياز المنعطف ما ، تجرى عليها عملية هندسية حسابية خاصة .

كالعملية الستاتيكية والعملية الديناميكية ، التي تحسب خلالها القوى المؤثرة في العجلات والخط ، بغية التأكد من درجة الأمان في سير القاطرة .

ـ ونظرا لصغر قيمة الخلوص بين حواف العجلة والخط نسبة لأبعاد القاطرة من جهة ، ونصف قطر المنعطف من جهة أخرى ، فان رسم عملية مرور القاطرة في المنعطف يتعذر حتى بالمقياس ١/١٠٠ ، لأن نصف قطر المنعطف يصبح مساويا ٣ م . وطول القاطرة ٢٠٠ مم ، أما الخلوص فلا يظهر على المخطط نظرا لصغره الشديد.

لذا تستخدم مقاييس مختلفة للأبعاد المختلفة ، وتستخدم عادة ، طريقة مخطط رسم القطع الناقص .

ولتبسيط المخطط ، ترسم الحدود الداخلية للخطين الحديديين وتجعل المسافة بينهما مساوية للخلوص بين حافة العجلة وسطح الخط في المنعطف $\Delta + 2\,\sigma_{max}$ وعندئذ ترسم القاطرة وسرائرها بشكل خطوط مستقيمة .

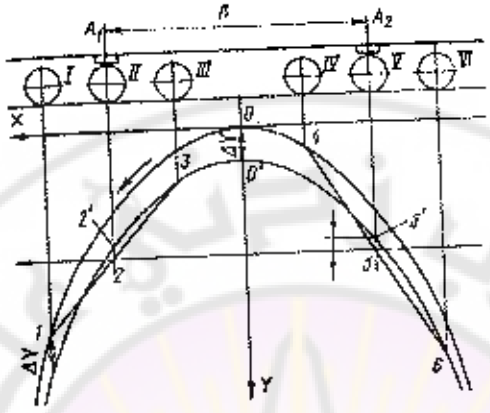
واذا أخذنا مقياسين مختلفين ، غير مرتبطين ببعضهما ، لرسم قاعدة القاطرة ، ولرسم الخلوص العرضاني ، فسان قوس دائرة الخط الحديدي في المنعطف يتحول الى أقواس قطع ناقص .

يتم الرسم كما يلي : شكل (١٥٧) . يرسم على اللوحة من الاعلى مخطط الهيكل بمقياس $\frac{1}{20} \div \frac{1}{50}$ ، وتحدد مواقع المحاور ، ومركز انعطاف السرير. ويرسم في الأسفل المحور الأفقي x ويحدد في منتصفه مركز الاحداثيات O ، الذي يمر فيه المحور الشاقولي y ، وترسم أجزاء القطع الناقص من المركز O بالاتجاهين ، باستخدام العلاقة التالية :

$$y = \frac{m_y}{m_x^2 \cdot 2R} \cdot X^2$$

حيث :

$m_y = 1$ أونصف مقياس الخلوص العرضاني •



شـــكل (١٥٧)

ويرسم الخلوص على المحور y بالمقياس m_y ، من مركز الاحداثيات O .

$\Delta + 2\sigma_{min}$ • وتكون النقطة O' قمة القطع الناقص للخط الحديدي الداخلي•

وتحدد بقية النقاط الأخرى على هذا الخط ، بازاحة نقـاط الخط الخارجي بمقدار Δy شاقوليا •

$$\Delta y = (2\sigma_{min} + \Delta)\, m_y \quad :$$

وترسم وضعيات السرائر على المخطط ضمن الخلوص بين القضبان •

هذا ويمكن أن تأخذ السرائر وضعية معينة ، تضغط فيها احدى العجـلات على السطح الداخلي للخط الحديدي الخارجي ، وهـذا يدل على انعدام الخلوص بينهما • ويظهر على الرسم بشكل تكون فيه نقطة المحور واقعة على القطع الناقص•

لذا نرسـم النقاط الطرفية المعبرة عن المحاور الطرفية ، على القطـع الناقص مباشرة (١ ، ٣ ــ ٤ ، ٦) • ونصل بـين كل اثنتين منهمـا بمستقيمات تدل على السرائر وتوضع النقطتان ٥،٢ على هذين المستقيمين بحيث تدل كـل منهما عـلى المحور الوسطي في كل سرير •

ولكي تستطيع السرائر اجتياز المنعطف ، يجب ألا يقل خلوص المحورالوسطي عن قيمة المستقيم 2 — 2′ أو 5 — 5′ بالمقياس m_y •

كما تحـــدد مواقع وصلات الهيكل A_1 ، A_2 لتسهيل رســـم وضعية محور القاطرة ، وانحرافه عن محور الخط الحديدي • (بالمقياس m_y) ، ولمعرفة زوايا انحراف السرائر أيضة •

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الفصل الثامن

النظـم والتجهيزات المساعدة في القاطـرة

١ ـ نظـام تبريد الآلات الكهربائية :

تتعرض الآلات الكهربائية في أثناء عملها لارتفاع حرارتها ، وحرارة وشائعها وطبقات العزل أيضا . لذا يجب أن تخضع هذه الآلات للتبريد الدائم بوسـاطة نظام تبريد خاص يخلصها من الحرارة الزائدة ويؤمن الشـروط المثلى للعمل في مختلف الظروف ، ويحميها من الغبار والشوائب الضارة الاخرى التي ترافق تيار هواء التبريد .

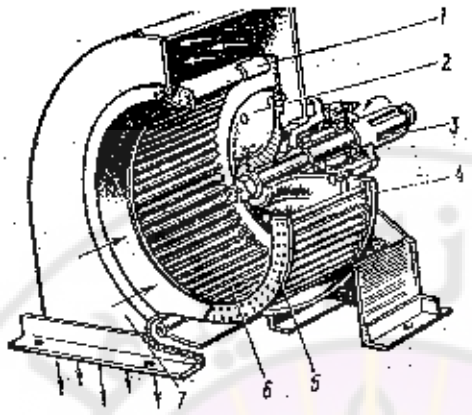
تستخدم القاطرات نظما منفصلة خاصة لتبريد كل آلة من الآلات الكهربائية ، كما تستخدم نظام تبريد مشتركا لكل الآلات الكهربائية المركبة على القاطرة ويسمى هذاالنظام : النظام المركزي لتبريد الآلات الكهربائية ، والذي يحتوي على مروحة وحيدة ذات انتاجية عالية ومردود كبير ، غير أنها تستهلك استطاعة كبيرة وتحتاج الى تمديدات ومجاري هواء طويلة ومتشعبة .

يظهر على الشكل ١٥٩ مقطع في مروحـة مركزيـة مستخدمة في بعض نظـم التبريد . تتألف من دولاب ٦ مركب على المحور ٣ داخل الهيكل ٧ .

يتألف الدولاب من القرصين ٤ ، والحلقات ٥ ، التي تركب عليها الزعانف ١ . تعمل المراوح في ظروف صعبة ، وتتأثر بدوران الديـزل واهتزاز قاعـدة القاطرة ، لذا تصنع وصلاتها نصف قاسية باستخدام قارنة هيدروليكية .

وتستخدم نظم التبريد المصافي الشبكية المعدنية أو المصافي العاملـة عـلى

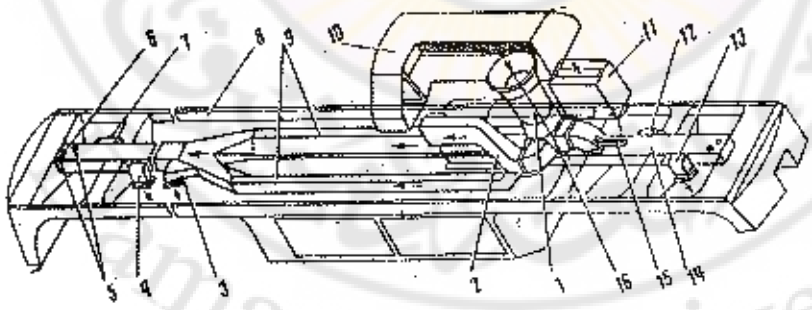
مبدأ العطالة حيث يتم التخلص من الشوائب العالقة في تيار الهواء بتغير جهة حركته على مدخل نظام التبريد .



شكل (١٥٩)

١ ـ النظام المركزي لتبريد الالات الكهربائية :

يظهر مخطط هذا النظام على الشكل ١٦٠ ويتألف من مروحة محورية تسحب الهواء الجوي من خلال المصفاة ١٠ وتدفعه الى المولد الرئيس بالقناة ٢ والى المحركات الكهربائية بالقنوات ٣ ، ٤ ، ٧ ، ١٢ ، ١٣ ، ١٦ والى مجمع تقويم التيار المتناوب (عند وجوده) بالقناة ١١ والى حجرة القيادة بالقناة ٥ .



شكل (١٦٠)

يجري تيار الهواء في المجرى المركزي ١٤ ، وفي المجريين الجانبين ٩ ، اللذين يشكلان جزءا من قاعدة جسم القاطرة ٨ .

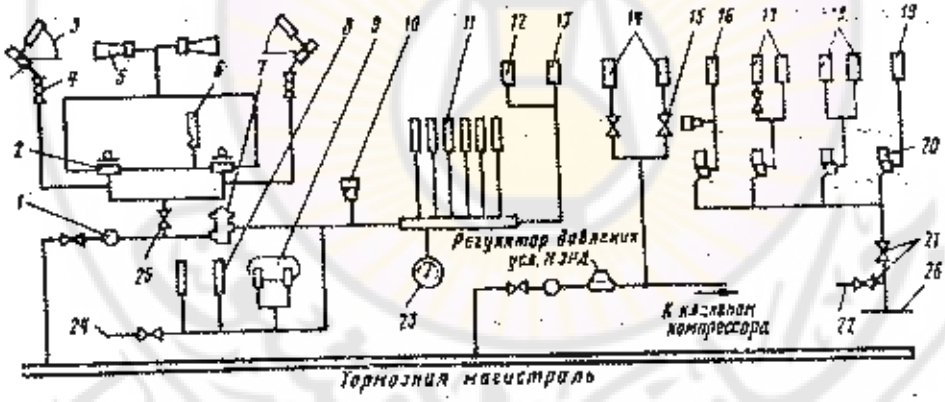
تتصل المروحة بعمود المولد الرئيس بوساطة قارنة مرنة .

٢ ــ دارة التحكم الهوائية على القاطرة :

تحتوي القاطرات على تجهيزات متعددة ، تعمل على المبدأ الكهرهوائي ، حيث تتحول الاشارات الواردة اليها الى تيار كهربائي ، وتنفذ الاعمال المطلوبة بوساطة وصلة هوائية تعمل بتأثير ضغط الهواء .

تتغذى هذه التجهيزات بالهواء اللازم من ضاغط الهواء .

يظهر مخطط التحكم الهوائي على الشكل ١٦١ ، حيث يدخل الهواء الى المصفاة ١ والصمام ٧ من المجرى الرئيس لدارة المكابح . (يتحكم الصمام بضغط الهواء ٦ر٠ MP$_a$ ويؤثر على ذلك المقياس ٢٣ .



شكل (١٦١)

ــ التجهيزات العاملة بالهواء المضغوط :

١ ــ وصلة البدالية (التي تبدل وجهة سير القاطرة) ٩٠ .

٢ ــ التماس ٨ ، ١١ (اقلاع القاطرة) .

٣ ــ صمام دارة الامداد بالرمل .

٤ ــ اللولب ١٢ (تشغيل مضخة وقود اضافية) .

٥ ــ معجل اقلاع الديزل ، ١٣ .

٦ ــ ماسحة الزجاج ٣ ، من خلال الصمام ٢ .

٧ ــ المنبه (٥ ، ٦) .

٨ ــ دارة اطفاء الحريق ، ويأتيها الهواء من المجرى ٢٦ من خلال اللولب ٢ والاسطوانات ١٦ ، ١٧ ، ١٨ ، ١٩ الموجودة في وصلة أباجور المشعات .

٩ ــ وصلة مصفاة الهواء في الديزل ، ويأتيها الهواء من المجرى الرئيس الى الاسطوانة ١٤ .

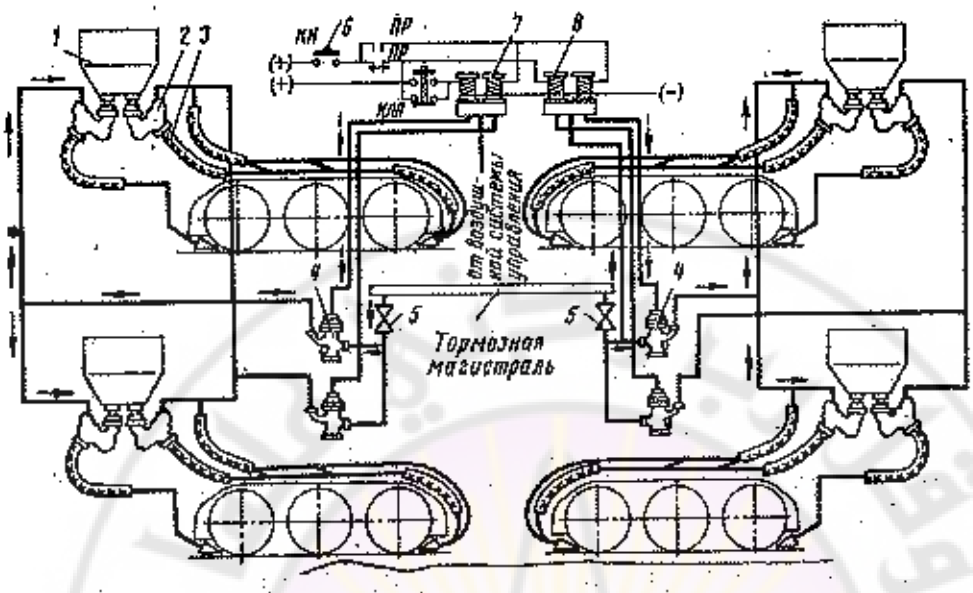
٣ ــ دارة الإمداد بالرمل :

تحتاج القاطرة لهذا الدارة لزيادة تماسك العجلات مع الخط الحديدي في المنحدرات بشكل عام وعند الاقلاع بشكل خاص .

يُرش الرمل الجاف في أماكن تماس العجلات مع السطح العلوي للخط . وتتألف الدارة من خزان الرمل الجاف ، عناصر الرش وتقع بالقرب من العجلات ، جهاز تحكم ، وأنابيب توزيع الهواء والرمل .

يعمل جهاز التحكم والامداد بالرمل بالهواء المضغوط شكل ١٦٢ .

تتصل الدارة بنظام المكابح بوساطة الصنبورة ٥ ، وتتصل بدارة التحكم الهوائية من خلال الصمام ٧ . يركب وعاء الرمل على أطراف القاطرة من الامام والخلف ، ويتحوي على ٩٠٠كغ من الرمل . وينسكب الرمل في المجرى ٢ ، ويوجه الى الخراطيم ٣ بوساطة الهواء المضغوط ، ويقوم الموزع ٤ بتوزيع الهواء في ثلاثة اتجاهات .



شـــكل (١٦٢)

٤ ـــ دارة إطفـاء الحريق :

ان مسببات الحريق على القاطرة عديدة وأهمها حدوث أعطال في محـرك الديزل أو في بعض التجهيزات الكهربائية • وتعد زيادة درجة الحرارة في بعض أجزاء الديزل سببا جوهريا لحدوث حريق ما ، وبخاصة مع وجود مواد قابلـة للاشتعال • غير أن السبب الرئيس لحدوث الحريق هـو حصول عطـل داخـلي مثال : احتراق سفح المكنس وامتداد ذلك الى حوض المحرك ، حيث يؤدي الى احتراق أنخرة الزيت وانتشار الحريق في جميع الاتجاهات ، كذلك يؤدي وقوع الزيت على مجمع الغازات المطرودة (العادم) ذي الحرارة العالية الى حـدوث حريق خطير • كما يؤدي وقوع الزيت على التجهيزات الكهربائية الى نشـوء الحريق أيضا وتعد الحـرارة الكهربائيـة المتولدة في بعض الالات الكهربائيـة والتماس الحاصل بين الكابـلات والهيكل أو ظهور الاقواس الكهربائية أسـبابا حقيقية لنشوء الحريق على ظهر القاطـرة • اضافة لاستخدام عناصر كهربائية غـير مناسبة • وتزداد خطورة انتشار الحريق على القاطرة ، بسبب الاوساخ المتراكمة على التجهيزات ووجود مواد مشتعلة ، وتزيد حركة القاطرة من سرعة انتشار الحريق

لذا لا بد من وجود تجهيزات اطفاء مضادة للحريق ، تستطيع اخماده بسرعة كافية . تتألف هذه التجهيزات من أدوات ثابتة على القاطرة ، وتجهيزات اطفاء محمولة ، وبعض العناصر الآلية التي تكشف عن الحريق مباشرة عند اندلاعه .

تظهر على الشكل (١٦٣) تجهيزات اطفاء مستخدمة على بعض القاطرات وتتألف من خزان ٤ سعته ٢٩٠ ليترا ، وخلاطين ٣ مزودين بخراطيم وأنابيب . ويحتوي الخزان على الماء ومحلول رغوي خاص ، يتولد منهما محلول سريع الفعالية عند الاستعمال . تتصل التجهيزات بدارة الهواء بوساطة الصنبور ١ ، وتبدأ الخلاطات بالعمل مباشرة بعد فتح الصنبور ، حيث يدخل الهواء من الصنبور ١ الى الصمام ٥ (ضغط ٠٫٢٥ MP_a) . ومنه الى الخزان ٤ ويخرج المحلول الى الخلاطات بوساطة الخراطيم ٢ . كما يدخل الهواء في الوقت نفسه في أنبوب آخر من خلال الصمام ٦ (٠٫١٦ MP_a) الى الخلاط مباشرة ، وعندما يفتح صنبور الخلاط ، ينتشر السائل في المخرج الضيق بفعل ضغط الهواء ، وتزداد عملية تشكيل الرغاوي نتيجة لذلك . ويوجه التيار الى المكان المحترق ، ويعمل الجهاز خلال ١٠ دقائق تقريبا .

عند ظهور الحريق على القاطرة يجب ايقاف القطار ، واطفاء الديزل مباشرة والشروع بعملية اطفاء الحريق .

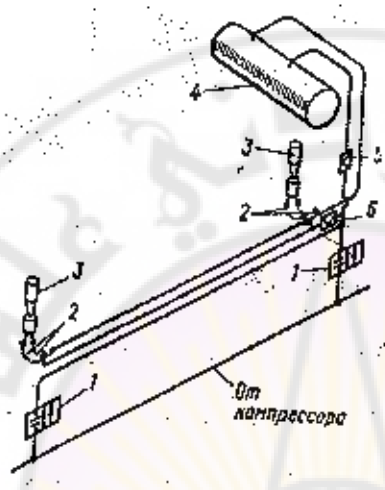
وتركب على القاطرات دائما مجسات حرارية تعمل عند ارتفاع الحرارة أكبر من ٩٠ ــ ٩٥ درجة مئوية . ويصل عددها الى ١٨ في حجرة الديزل وثلاثة أخرى في أماكن التجهيزات الكهربائية .

ويستدل سائق القاطرة على مكان الحريق بمساعدة أربع حبابات كهربائية مركبة في حجرة القيادة .

٥ ـ وصلات التجهيزات الرئيسة والمساعدة :

٥ـ١ـ وصلة الديزل بالمولد الرئيس :

يتصل المولد الكهربائي الرئيس بالديزل بوساطة قارنة نصف قاسية ٢٤ شكل



شـــكل (١٦٣)

١٦٤ ، تسمح للمحاور ببعض الانحراف ، وتستخدم أيضا الوصلة القاسية .

٥ـ٢ـ وصلات التجهيزات المساعدة :

تستمد التجهيزات المساعدة طاقتها باستخدام وصلات مختلفة :

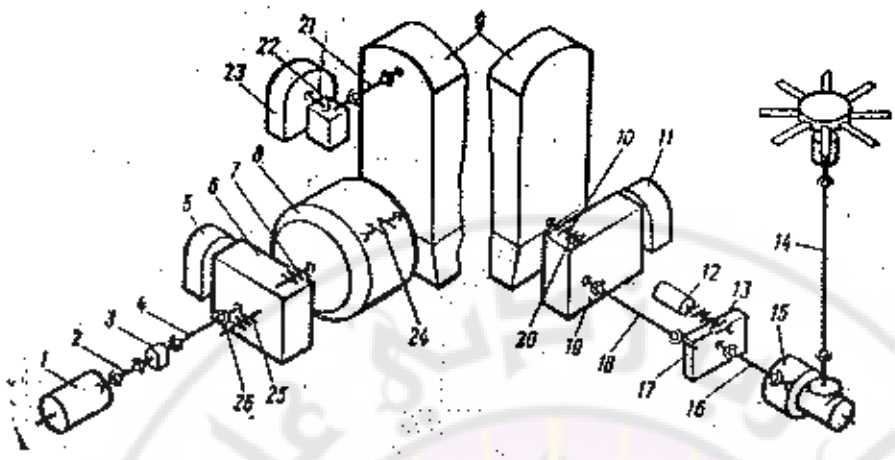
ـ ميكانيكية (السيور أو المسننات أو غيرها) .

ـ هيدروليكية (هيدروستاتيكية ، هيدرودينامية) .

ـ كهربائية (بالتيار المستمر ، بالتيار المتناوب) .

تكون هذه الوصلات منفردة (خاصة) أو مشتركة (عامة) . وتتطلب شروط عمل مختلفة .

ـ وصلة مروحة التبريد : مؤتمتة تبعا لدرجة حرارة سائل التبريد .



شكل (١٦٤)

ـ وصلة ضاغط الهواء : قابلة للايقاف عند بلوغ ضغط الهواء في التمديدات قيمة أعظمية (أو للتحويل الى نظام اللاحمل) .

ـ وصلة المحرض ـ المولد المساعد ووصلات تبريد الآلات الكهربائية غير منظمة ولا تخضع عادة للتحكم والمعايرة .

تستخدم الوصلة الميكانيكية العامة ، لتشغيل مختلف التجهيزات المساعدة في آن واحد ، وتستخدم الوصلة الهيدروستاتية لتشغيل مراوح التبريد ، وكذلك الوصلة الهيدروديناميكية وأيضا كما تستخدم الوصلة الكهربائية بالتيار المستمر لتشغيل مراوح التبريد كذلك وغيرها .

وتستخدم القاطرات الحديثة وصلة كهربائية مشتركة تعمل بالتيار المتناوب ، لتشغيل التجهيزات المساعدة كافة .

تتألف الوصلات الميكانيكية من مجموعة محاور ومخفضات سرعة ، توزع الاستطاعة كما في الشكل ١٨٣ ، حيث يتصل مخفض السرعة الامامي ٦ ، بعمود المولد الرئيس ٨ بوساطة قارنة مزدوجة مرنة ، ويعطي مجموعة المحرض ـ المولد المساعد ، الاستطاعة من خلال مجموعة الكاردان ٤ ، ٢ ، التي تفصلها نقطة الاستناد ٣ .

تستمد مروحة محركات الجر في السرير الامامي الطاقة بشكل مباشر ، ويستمد ضاغط الهوا ٢٦ الطاقةاللازمة له من خلال القارنة المزدوجة ٢٥ .

ويرتبط مخفض السرعة الخلفي ١٩ ، بعمود الديزل ٩ ، بوساطة القارنة المرنة ٢٠ ، والمحور الوسيط ١٠ . ويوزع هذا المخفض للسرعة الاستطاعة الى مروحة تبريد محركات الجر في السرير الخلفي ١١ مباشرة ، والى مقياس عداد السرعة ١٢ بوساطة الكاردان (المحور) ١٨ ، والمخفض الوسيط ١٧ والمحور ١٣ ، والى الوصلة الهيدروليكية ١٥ لمروحة نظام التبريد ١٤ بوساطة المحور ١٦ من خلال المخفض الوسيط ١٧ . ويمد المخفض الخلفي مضخة مصفاة الزيت المركزية بالطاقة الضرورية أيضا . وتعمل المروحة ٢٣ (التي تبرد المولد الرئيس) بوصلة منفردة من عمود الديزل . بوساطة المحور ٢١ ، ومخفض سرعة خاص .

٥ـ٣ـ مخفضات السرعة :

توزع مخفضات السرعة الاستطاعة على التجهيزات المختلفة وتظهر على الشكل ١٦٥ مخططات هذه المخفضات .

يركب على المحور القائد I في المخفض الامامي مسنن اسطواني كبير ١ يقوم بتشغيل المحور السفلي II بوساطة الترس ٢ ، ويقوم بدوره بتشغيل مجموعة المحرض ـ المولد المساعد ، والعمود الاجوف III التابع لدولاب المضخة في القارنة الهيدروليكية (بوساطة الترس ٣) .

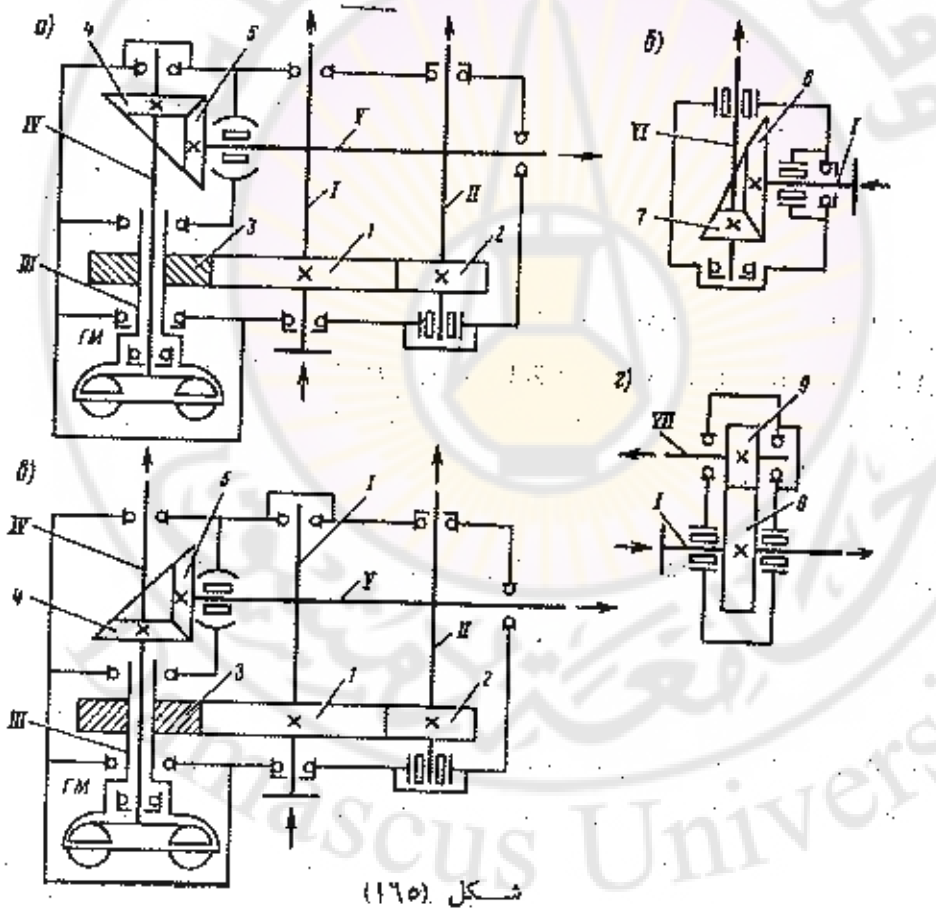
ويقوم العمود IV لدولاب التوربين في القارنة ، بتشغيل العمود V الخاص بمراوح تبريد محركات الجر (بوساطة الترس المخروطية ٤ ـ ٥) .

ويتم وصل ضاغط الهواء مباشرة على المربط الجانبي الآخر للعمود القائد I . ويحتوي مخفض السرعة على مضخة عنفية ، تغذي اجزاءه بالزيت اللازم . يختلف مخفض السرعة الخلفي شكل ١٦٥ B بوضعية محاوره ومهماتها، ويستخدم المحور IV بتشغيل مضخة مصفاة القوة النابذة لزيت الديزل .

ويغذي المحور II المخفض الوسيط بالطاقة شكل (١٦٥ г) ، حيث يتصل المحور القائد г للمخفض الوسيط بالوصلة الهيدروليكية لمروحة تبريد الديزل • I ويعطي الاستطاعة لمحور عداد السرعة VII من خلال التروس ٨ ــ ٩ •

يتألف مخفض السرعة في وصلة مروحة تبريد المولد الرئيس شكل ١٦٥ b من ترسين مخروطيين ٦ ، ٧ وتركب المروحة على المحور VI مباشرة •

ويظهر من الشكل ١٦٤ و ١٦٥ أن الوصلة الميكانيكية طويلة ومعقدة ، ويصعب من خلالها التحكم في عمليات تنظيم عمل التجهيزات المساعدة على القاطرة •



شكل (١٦٥)

يظهر على الشكل ١٨٥ مخطط توصيل كهربائي ، يعمل بالتيار المتناوب ، ويستخدم على بعض القاطرات الحديثة . حيث يصل التيار الكهربائي من المنوبة الرئيسة T.R الى محركات المراوح في نظام تبريد الديزل ١ ، ٢ ، ٣ ، ٤ والى المحرك ـ المروحة ٥ ، ٦ في محركات الجر ، المحرك ـ المروحة ٧ الذي يبرد صندوق تقويم التيار .

يتغذى محرك الضاغط ٩ بالتيار من المولد ـ المقلح ٨ ، الذي يستمد الطاقة مع مروحة تبريد المنوبة الرئيسة ١١ ، والمحرض ١٠ بوساطة وصلات ميكانيكية خاصة . وتنظم درجة حرارة تبريد الديزل بتشغيل العدد اللازم من المراوح .

هذا وتعد تجهيزات هذا المخطط غير قابلة للمطايرة والتنظيم بشكل عام ، اضافة لذلك ينعكس عمل هذه المحركات الكهربائية سلبا على عمل محركات الجر ، لانها تعمل على التوازي معها ، لـذا استبدلت بهـذه الوصلات ، وصلات هيدروليكية مناسبة وتجري هنا وهناك محاولات كثيرة لتطوير هذه الوصلات بحيث تعطي النتائج المرجوة .

المراجـــع

- محركات القاطرات الديزل ، د. فالودين آ.ي ، ١٩٧٦ .
- تصميم وحساب القاطرات ، د. ايارادولين ي.ب ، ١٩٧٦ .
- القاطرات الديزل ، د. كوزيتس اف.د ، ١٩٨٢ .
- القاطرات الديزل الهيدروليكية ، نشرات فنية ، ١٩٨٨ .
- الآلات الكهربائية في قاطرات الديزل ، د. مجاكل ي.ي ، ١٩٨١ .
- التجهيزات الكهربائية للقاطرات ، د. مارتينكو ب.س ، ١٩٨٢ .
- القاطرات المناورة ، د. بيلوبايف ك.ي ، ١٩٧٧ .
- القاطرات الركاب ، نشرات فنية ، ١٩٧٦ .
- التجهيزات الميكانيكية للقاطرات ، د. بايدا ، آ.ا ١٩٧٨ .
- القاطرة الروسية ، د. فيلونوف آ.ي ، ١٩٧٧ .
- تصميم وحساب القاطرات ، د. ايفانوف ف.ن ، ١٩٧٦ .
- مدخرات القاطرات ، د. دراتشف ك.ك ، ١٩٧٠ .
- اتمتة القاطرات ، د. الوكوف ن.م ، ١٩٨٨ .

جامعة دمشق Damascus University

الفهـــرس

مقدمـــة ٣

ـ الفصل الاول : مبادىء اولية عن قاطرات الديزل ٥

١ ـ الاجزاء الرئيسة للقاطرة ، ومبدأ عملها ٥

ـ الفصل الثاني : ديـزل القاطرات ١١

الخواص الرئيسة والمتطلبات الضرورية ١١

١ ـ بنية الديزل والمؤشرات الرئيسة

٢ ـ جسم الديزل (الاجزاء الرئيسة الثابتة)

٢ـ١ ـ المضاجع الثابتة ١٧

٢ـ٢ ـ الاسـطوانات ١٨

٣ ـ الجملة الترددية (المكبس ـ الساعد ـ المرفق) ١٨

٣ـ١ ـ المكبس ١٩

٣ـ٢ ـ السواعد ٢١

٣ـ٣ ـ عمـود المرفق ٢٣

٤ ـ آلية التوزيع الغازي وغطاء الاسطوانات ٢٩

ـ الفصل الثالث : نظم الديزل والتجهيزات المساعدة فيه ٣٣

١ ـ نظام الامداد بالوقود ٣٣

١ـ١ ـ مخطط نظام الوقـود ٣٣

١ـ٢ ـ خزان الوقـود ٣٥

١ـ٣ ـ مضخة الوقـود ٣٦

١ـ٤ ـ مصفي الوقـود ٣٧

٢ ـ نظام الزيت ٣٩

١ ـ أنواع نظم الزيت ٤٠

١ـ١ ـ تجهيزات الحماية والقياس ٤٤

١ـ٢ ـ مضخة الزيت ٤٤

١ـ٣ ـ مصافي الزيت ٤٤
١ـ٤ ـ مصفاة القوة النابذة ٤٧
٣ ـ نظام التبريد ٤٩
٣ـ١ ـ أنواع نظم التبريد والأجزاء الرئيسة ٥١
٤ ـ نظام الامداد بالهواء وطرد الغازات ٥٥
ـ مقدمة
٤ـ١ ـ آلية شحن الهواء ٥٦
٤ـ١ـ١ ـ آلية الشحن الغازية ٥٧
٤ـ٢ ـ مصافي الهواء ٥٩
٤ـ٣ ـ العادم ٦١
٥ ـ مبردات الماء والزيت والهواء المشحون ٦٢
٥ـ١ ـ توضع المبردات ٦٣
٥ـ٢ ـ المشعات ٦٤
٥ـ٣ ـ المبادلات الحرارية (ماء ـ زيت) ٦٧
٥ـ٤ ـ المروحة ٦٩
٥ـ٥ ـ التحكم بحرارة السوائل ٦٩
ـ الفصل الرابع : نظم نقل وتحويل استطاعة الديزل ٧١
١ ـ أهمية نظم نقل وتحويل استطاعة الديزل وضرورتها ٧١
٢ ـ المتطلبات الضرورية من نظام نقل الاستطاعة ٧٤
٣ ـ أنواع نظم نقل الاستطاعة ٧٤
٣ـ١ ـ النظام الميكانيكي ٧٥
٣ـ٢ ـ النظام الهيدروليكي ٧٦
٣ـ٣ ـ النظام الكهربائي ٨٨
ـ الفصل الخامس : الالات الكهربائية والمدخرات ٩٩
١ ـ المولدات الرئيسة ١٠٠
١ـ١ ـ المولد الرئيس العامل بالتيار المستمر ١٠٠

١ــ٢ ــ المنوبة الكهربائية المتوافقة ١٠٥
٢ ــ محركات الجر الكهربائية ١٠٧
٣ ــ المحرضات والمولدات المساعدة ١١٥
٤ ــ المحركات الكهربائية المساعدة ١١٨
٥ ــ المدخرات الكهربائية ١٢٠

ــ الفصل السادس : تجهيزات القيادة والتحكم والحماية ١٢٧

مقدمــة
١ ــ تجهيزات التماس الكهربائي الرئيسة ١٢٩
٢ ــ تجهيزات القيادة الآليــة ١٤٢
٣ ــ تجهيزات الحماية ١٥١
٤ ــ التجهيزات الخالية من عناصر التماس ١٥٧
٤ــ١ ــ التجهيزات المغناطيسية ١٥٨
٤ــ٢ ــ تجهيزات أنصاف النواقل ١٦١

مقدمــة
١ ــ محاور الحركة (العجلات)
١ــ١ ــ تركيب عناصر محاور العجلات ١٧٦
١ــ٢ ــ نقل العزم الى محاور العجلات ١٧٦
١ــ٣ ــ المضاجع ومدارجها ١٨٤
٢ ــ سرائر القاطرة ١٩٥
١٠٢ ــ أنواع السائر ١٩٥
٢ــ٢ ــ قاعدة السريــر ١٩٦
٢ــ٣ ــ مجموعة الاستناد والارجاع ٢٠٠
٣ ــ نظام التعليق المــرن ٢٠١
٣ــ١ ــ اهتزازات القاطرة أثناء المسير ٢٠١
٣ــ٢ ــ العناصر المرنــة ٢٠٣
٣ــ٣ ــ خواص العناصر المرنة ومواصفاتها ٢٠٤

٤ ـ القاعدة الرئيسة والهيكل ٢٠٨
٤ـ١ ـ ظروف عمل القاعدة والهيكل ٢٠٨
٤ـ٢ ـ الهيكل ٢١١
٥ ـ استخدام وزن القاطرة في عملية التماسك بين العجلات والخط الحديدي ٢١٦
٥ـ١ ـ توزيع الاجزاء الرئيسة على القاطرة ٢١٦
٢٠٥ ـ توزيع الحمولات على الخط تحت تأثير قوة الجر ٢١٧
٦ ـ ديناميكية القاطرة ٢١٩
٦ـ١ ـ الحركة على الخط المستقيم ٢١٩
٦ـ٢ ـ الحركة في المنعطف ٢٢٠
ـ الفصل الثامن : النظم والتجهيزات المساعدة في القاطرة ٢٥
١ ـ نظام تبريد الآلات الكهربائية ٢٢٥
٢ ـ دارة التحكم الهوائية على القاطرة ٢٢٧
٣ ـ دارة الامداد بالرمل ٢٢٨
٤ ـ دارة اطفاء الحريق ٢٢٩
٥ ـ وصلات التجهيزات الرئيسة والمساعدة ٢٣١
٥ـ١ ـ وصلة الديزل بالمولد الرئيس ٢٣١
٥ـ٢ ـ وصلات التجهيزات المساعدة ٢٣١
٥ـ٣ ـ مخفضات السرعة ٢٣٣

جامعة دمشق
Damascus University