

Термоэлектрические термометры

- Термоэлектрические термометры используются на ВС :
- - для измерения ТВГ (температуры выходящих газов) ТРД и ТВД
- - для измерения температуры головок цилиндров на ПД
- - для измерения температуры в ПОС крыла и хвостового оперения
- Термоэлектрические термометры основаны на измерении ТЭДС при нагревании общей точки 2-х спаянных проводников из разных металлов.
- Цепь , составленная из 2-х разнородных металлов называется термопарой.
- Возникающая при нагреве места спая ЭДС - ТЭДС
- Проводники из которых состоят термопары называются термоэлектродами.
- Одну точку соединения называют рабочим (горячим) спаем, а другую свобо-дным концом или(холодным спаем).

Физическая сущность термоэффекта

Физическая сущность явления объясняется

следующим. Атомы металлов составляют пространственную решетку, внутри которой свободные электроны, участвующие в тепловом движении, образуют электронный газ. Плотность электронного газа для разных металлов неодинакова. Из-за этого на границе соприкосновения двух разнородных металлов возникает стремление к выравниванию плотности электронного газа. Часть электронов переходит из одного металла в другой. При этом один металл заряжается положительно, другой отрицательно. Возникает контактная разность потенциалов, которая уравнивает разность давления электронного газа. Контактная разность потенциалов не зависит от формы и геометрических размеров термоэлектродов и определяется разностью температур горячего и холодного спаев и свойствами металлических проводников термопары.

Если спаять между собой концы двух разнородных проводников А и В (рис. 15. а), то при одинаковой температуре обоих спаев тока в цепи не будет. В обоих спаях возникает одинаковая по величине, но обратная по знаку контактная разность потенциалов, причем суммарная термоЭДС в замкнутой цепи равна нулю. При нагреве одного из спаев до температуры $t_{ГС}$ электроны на горячем конце приобретут более высокие энергии и скорости, чем на холодном. Возникающие в результате этого потоки электронов и связанные с ними накопления зарядов приводят к тому, что контактная разность

Физическая сущность термоэффекта

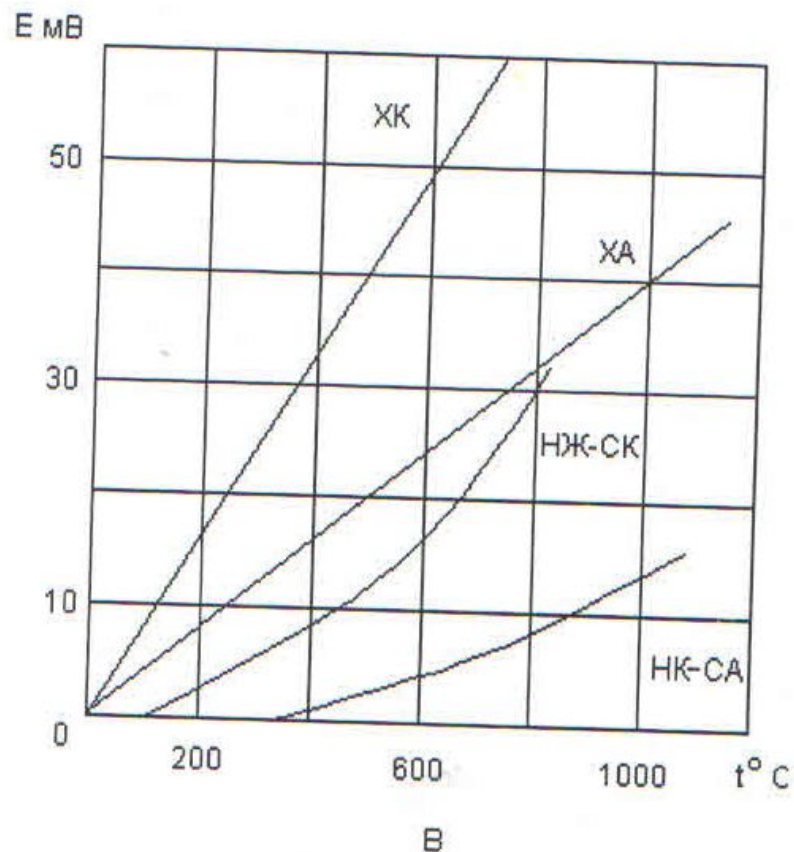
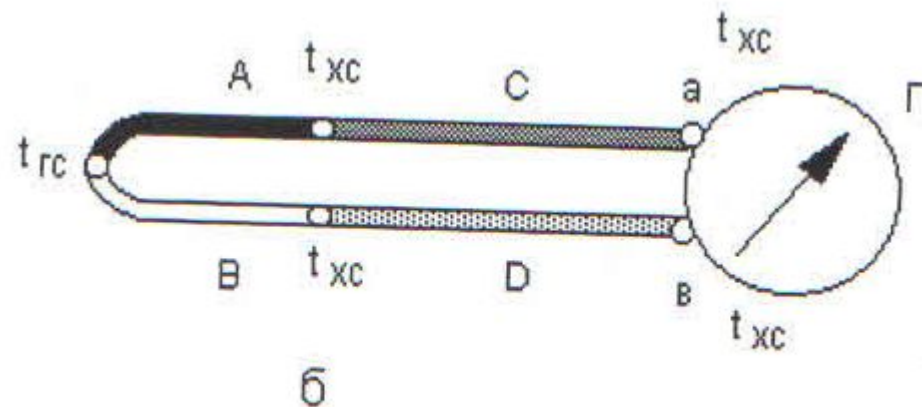
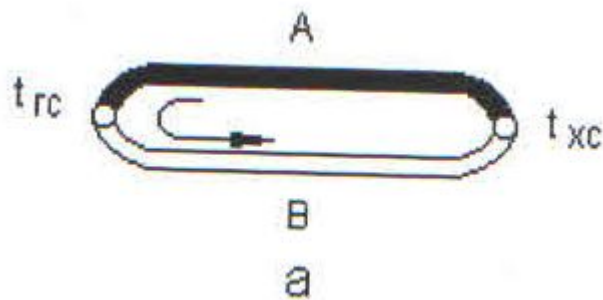
связанные с ними накопления зарядов приводят к тому, что контактная разность потенциалов в нагретом спае, увеличивается, а в холодном остается прежней. В результате возникает термоЭДС, зависящая от разности температур $t_{ГС} - t_{ХС}$. В цепи потечет ток. Направление тока зависит только от материала термоэлектродов. Условились называть положительным тот электрод, по направлению к которому течет ток через горячий спай (положительный - А).

Для большинства термопар контактные ЭДС возникают при любых температурах и являются их линейными функциями, так что можно принять

$$E = \kappa(t_{ГС} - t_{ХС}), \quad (30)$$

где κ - коэффициент пропорциональности, зависящий от свойств материалов термопары.

Термопары и их градуировки



EXHAUST GAS TEMPERATURE MEASURING SYSTEMS

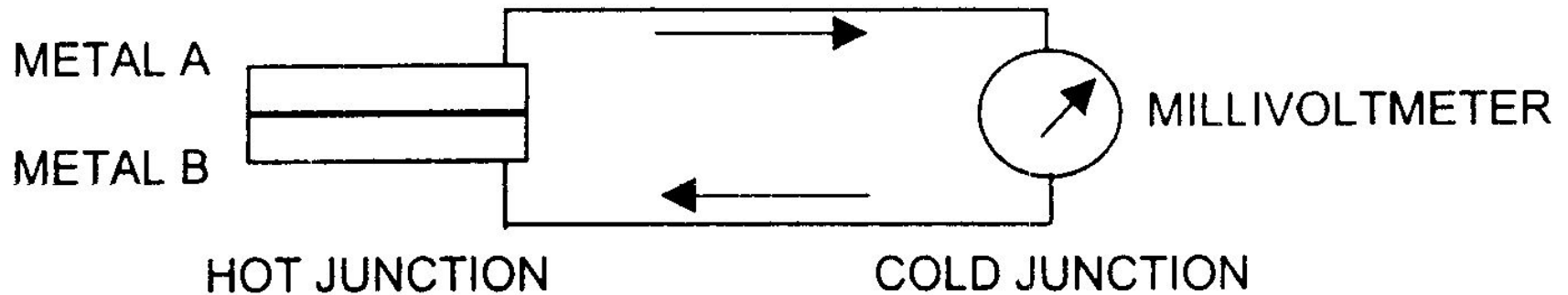


Fig. 18 THERMOCOUPLE PRINCIPLE

Конструкция термопары

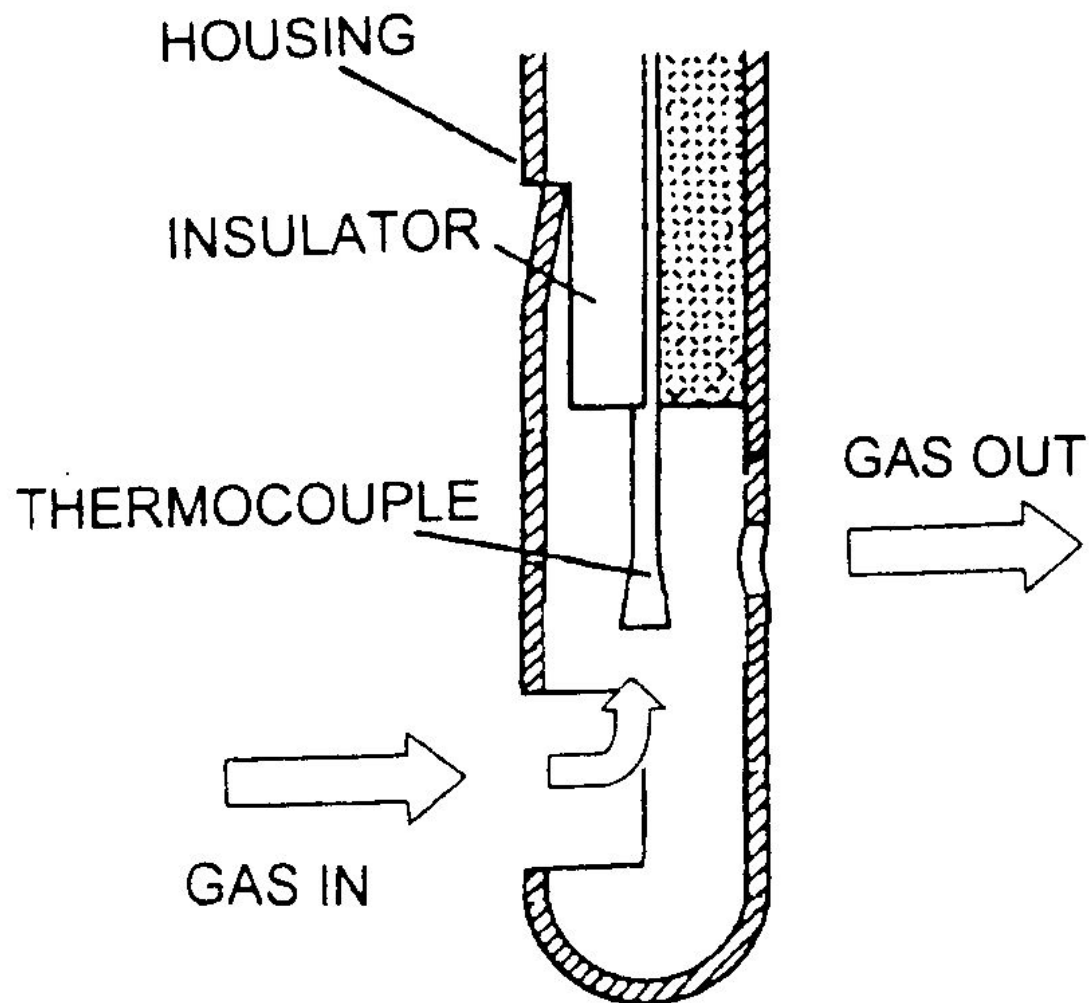


Fig. 19 STAGNATION TYPE THERMOCOUPLE

Конструкция термопары

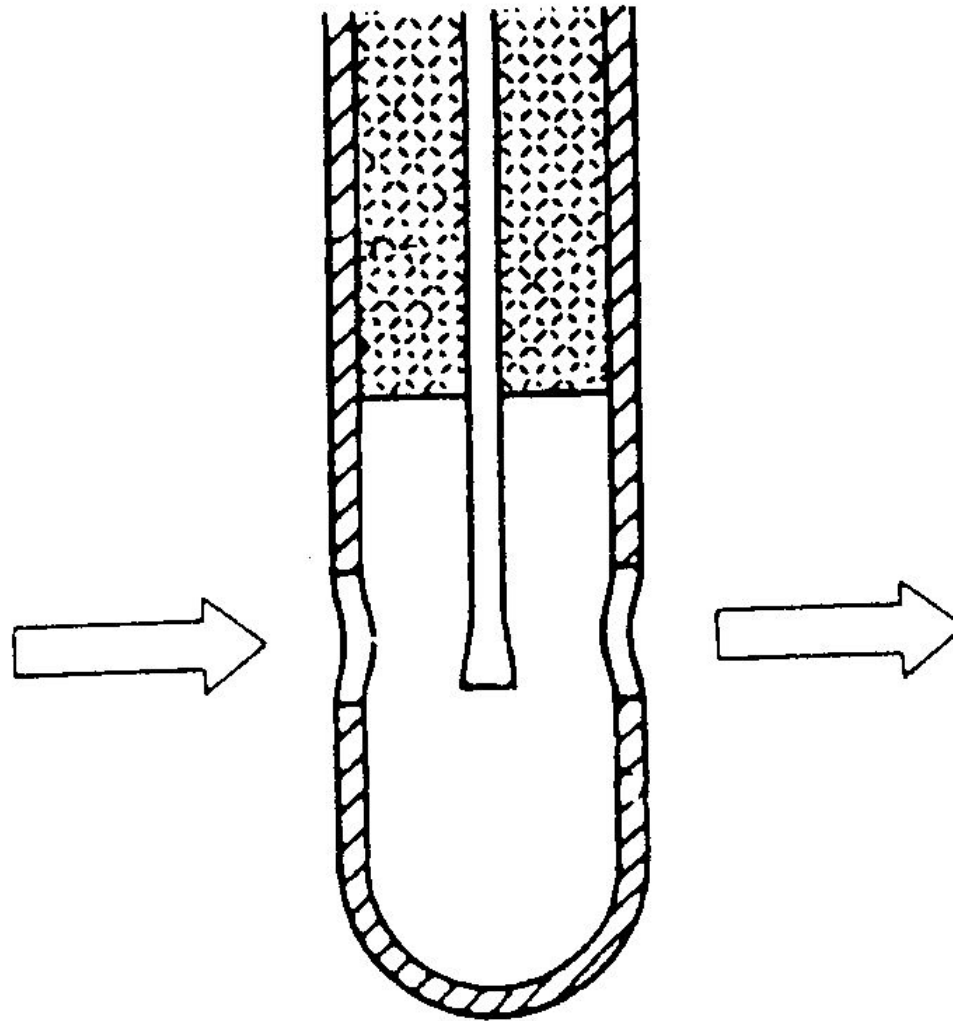


Fig. 20 RAPID RESPONSE TYPE

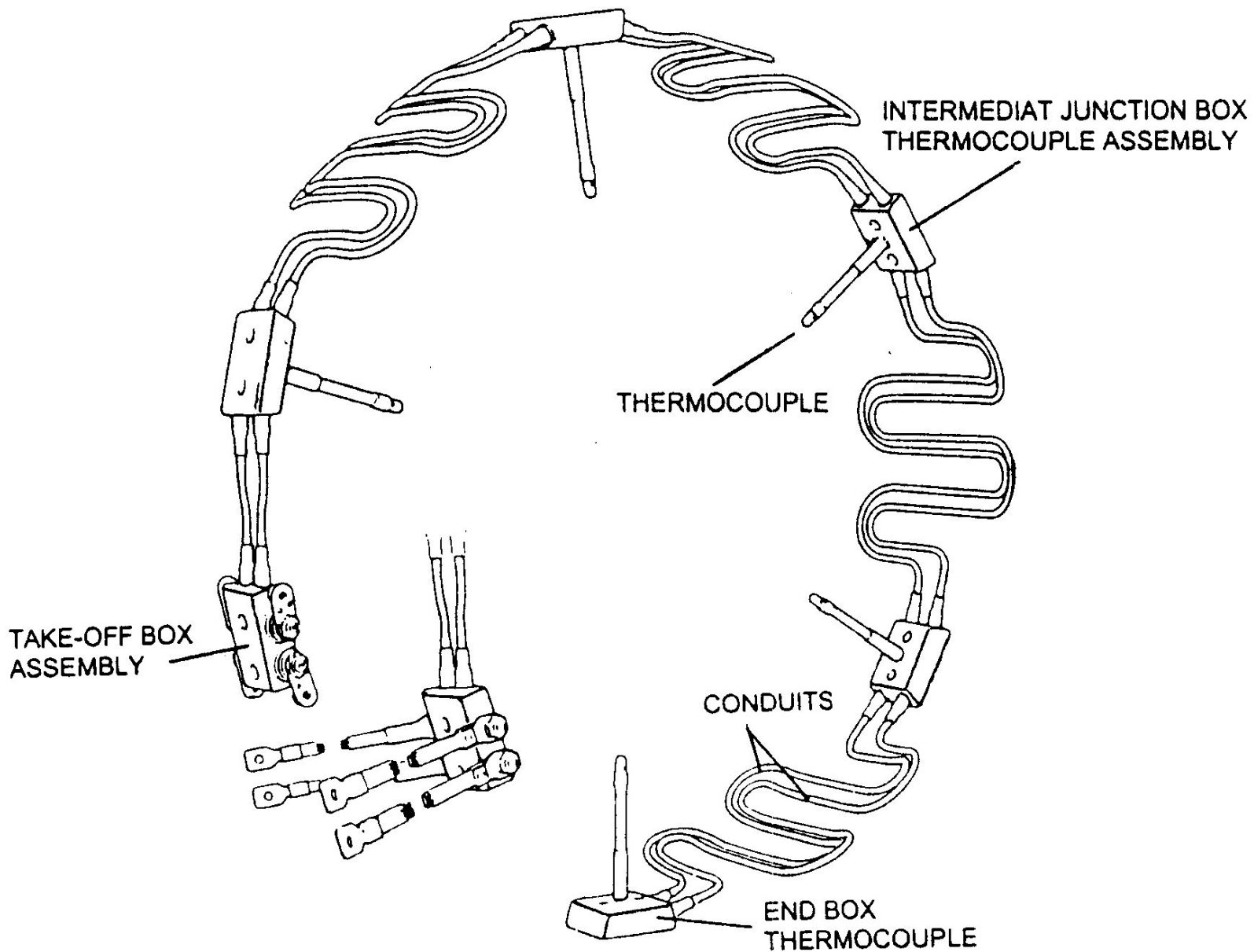


Fig. 21 THERMOCOUPLE HARNESS - 5 LOCATIONS

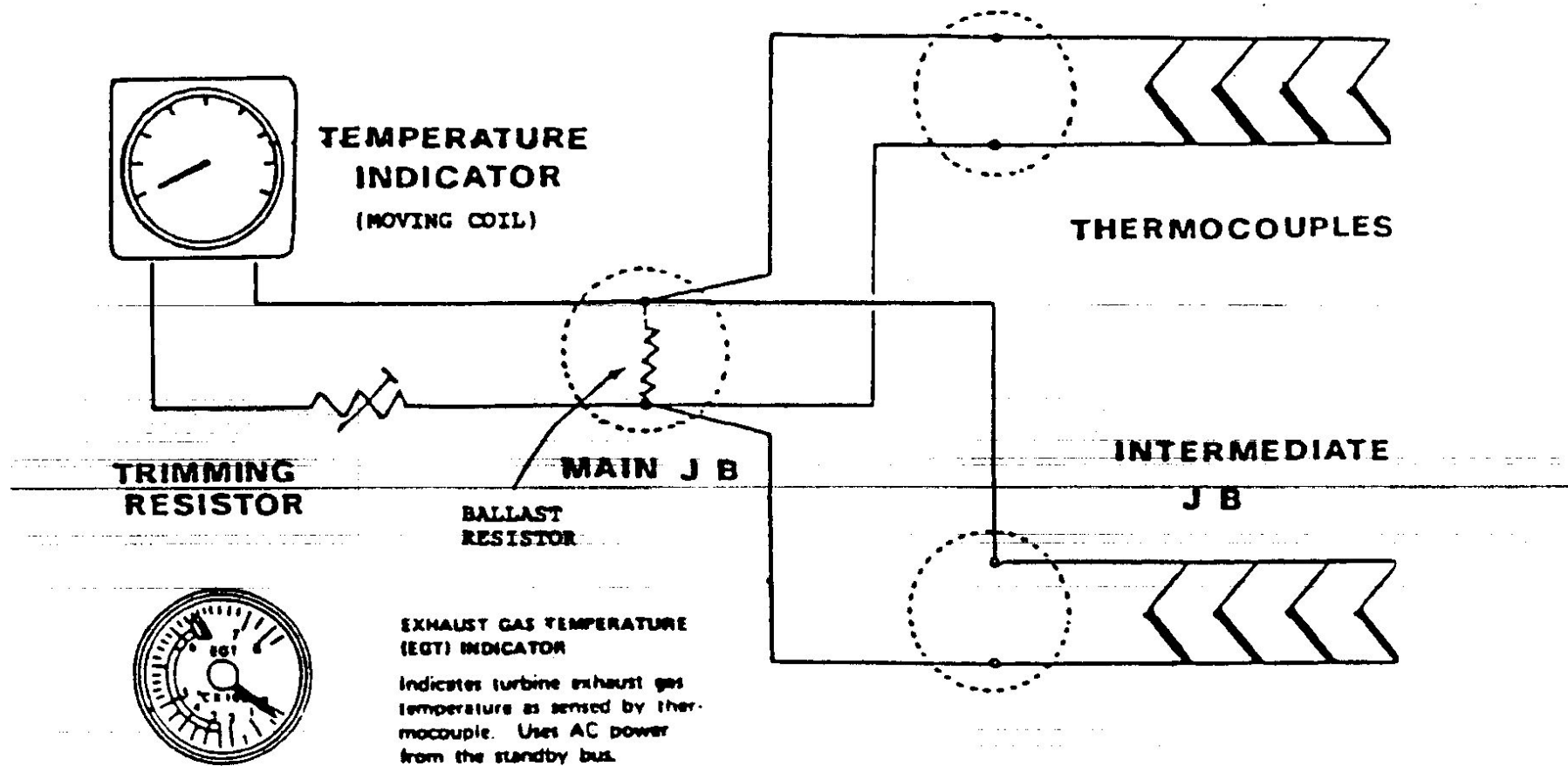


Fig. 22 SIMPLIFIED EGT SYSTEM

Методы измерения ТЭДС

- Метод гальванометра
- Компенсационный метод

Термоэлектрические термометры- метод гальванометра

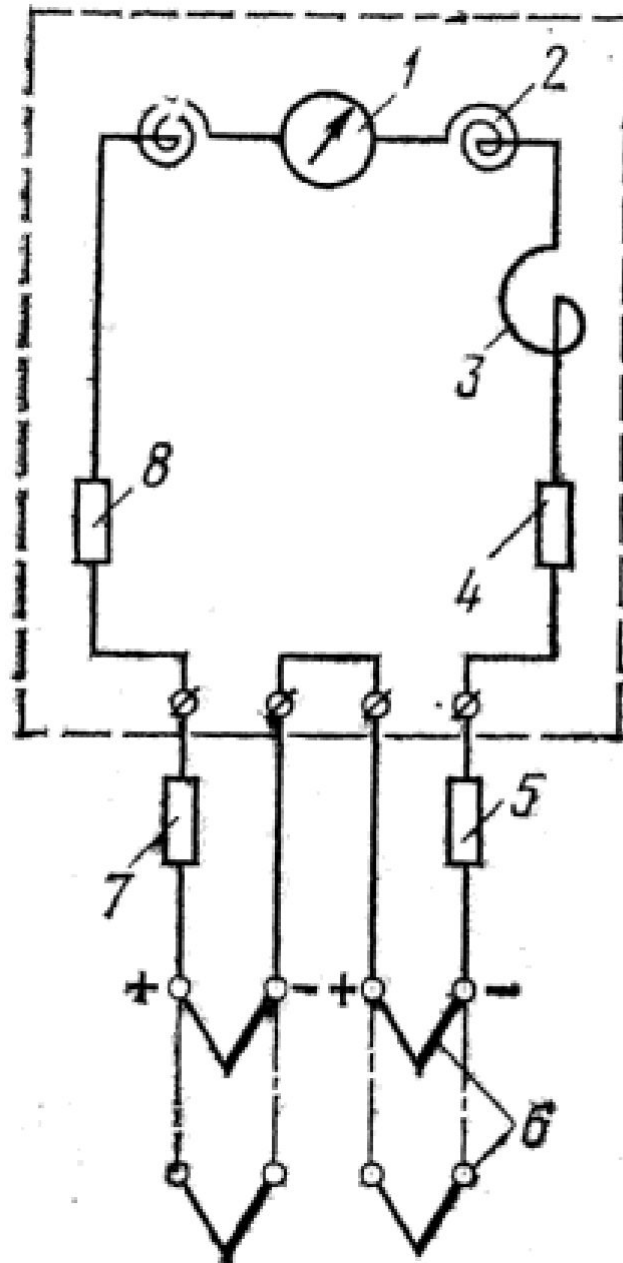


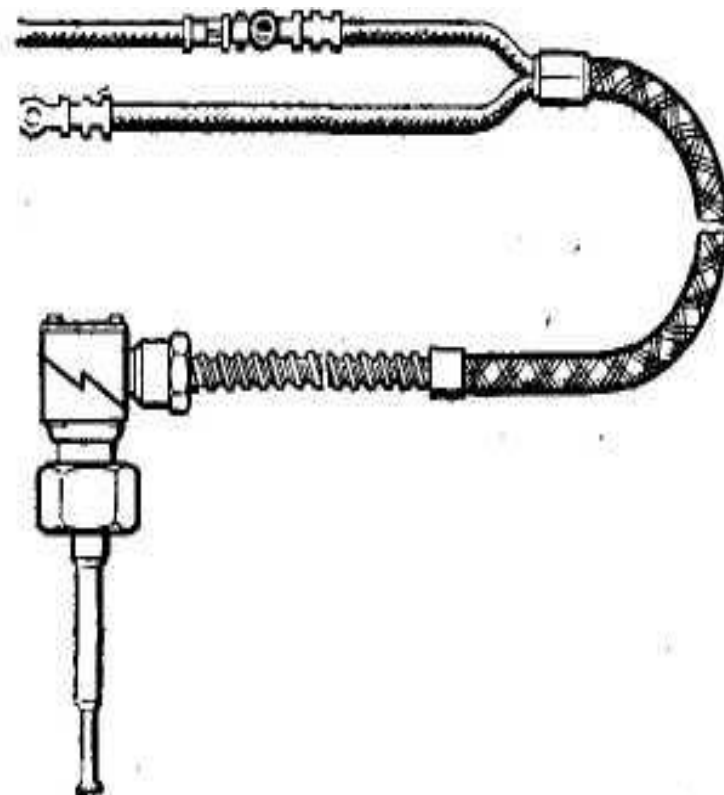
Рис.2 Принципиальная электрическая схема термометра ТСТ-29

- 1- гальванометр; 2 - пружина;
- 3- биметаллический корректор;
- 4 -компенсационное сопротивление;
- 5- сопротивление компенсационных проводов ; 6 – термопара;
- 7 – подгоночное сопротивление ;
- 8 – добавочное сопротивление ;

Термоэлектрический термометр ТСТ-29

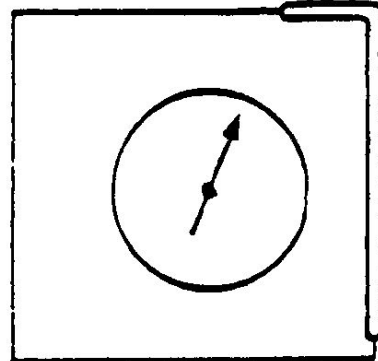
- Термометр термоэлектрический ТСТ-29 предназначен для измерения температуры выходящих газов ВСУ на самолётах АН-24, Ту-134, ТУ-154 и других .
- **Комплект :**
- указатель ТСТ-2
- термопара Т-9
- Шкала прибора отградуирована в пределах измерения от - **0 до 900° С**. Оцифровка через 300° С .
- Цена деления -20° С.
- **Принцип работы термометра.**
- Принцип действия термометра основан на измерении с помощью магнитоэлектрического гальванометра термоэлектродвижущей силы,
- возникшей при нагреве спая двух разнородных металлов.
- Хромелевый термоэлектрод является положительным, а алюмелевый — отрицательным.

Термоэлектрический термометр ТСТ-29



Charge impedance
2000 Ω min

Analogic
 t_4 outlet



t_4 indication

Electronic
control
unit

Rsh

Chromel

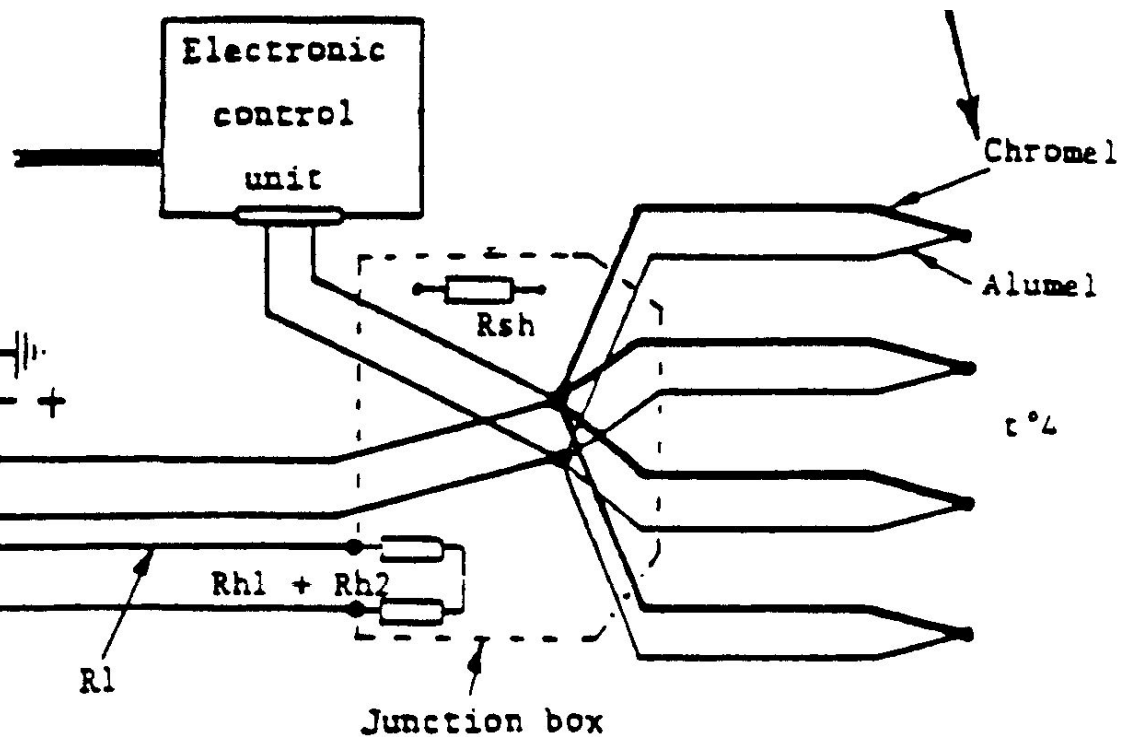
Alumel

$t^{\circ}\text{C}$

Rh1 + Rh2

R1

Junction box



Receiver

It indicates the t_4 temperature by copying a voltage representative of the e.m.f. of the thermocouples, corrected in function of the temperature of the cold junction and aligned in function of the characteristics specific to the engine.

Resistors

R_1 = line resistor ($1\ \Omega$ per wire)

R_{h1} and R_{h2} = homogeneization resistors. They are connected to the indicator in order to read the same t_4 for a given t_3 value :

$$t_4 = kt_3$$

$$t_4 = 680^\circ\text{C for } t_3 = 960^\circ\text{C}$$

(adjusted in factory)

R_{sh} (in the junction box) is used to know, if necessary, the "true" t_4 .

Probes

The 4 probes are located around the intermediate diffuser and are subjected to the gas flow at the outlet of the generator.

Each of them consists in a (hot) welding of a chromel wire and an alumel wire.

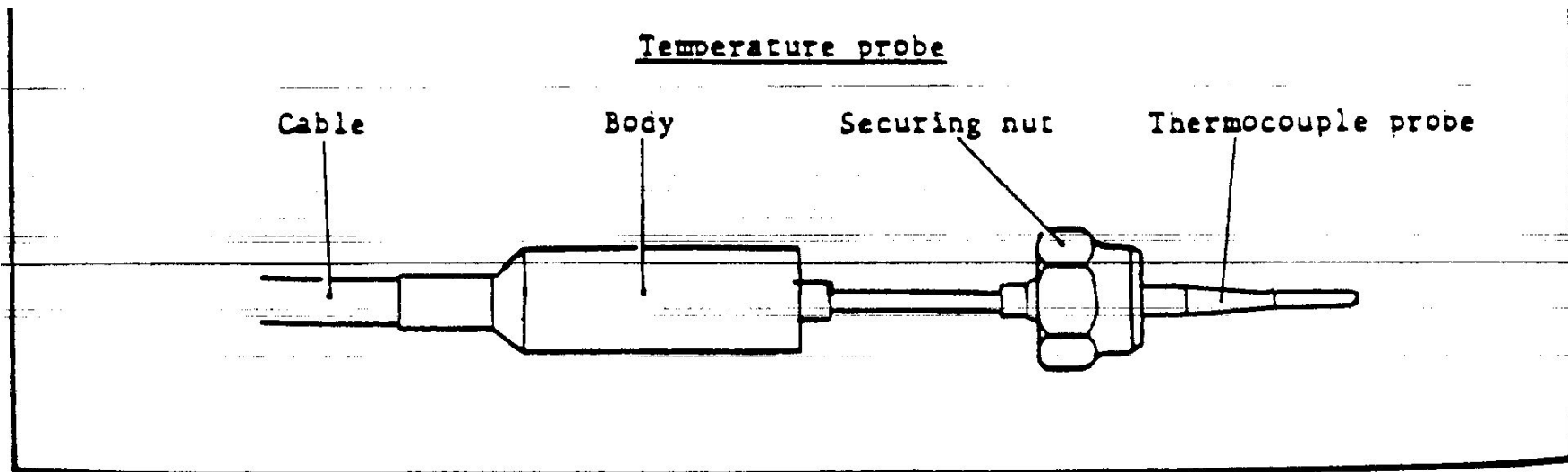


Fig. 24 TURBOMECCA THERMOCOUPLE SYSTEM

Термоэлектрический термометр ИТ-2т 2серии

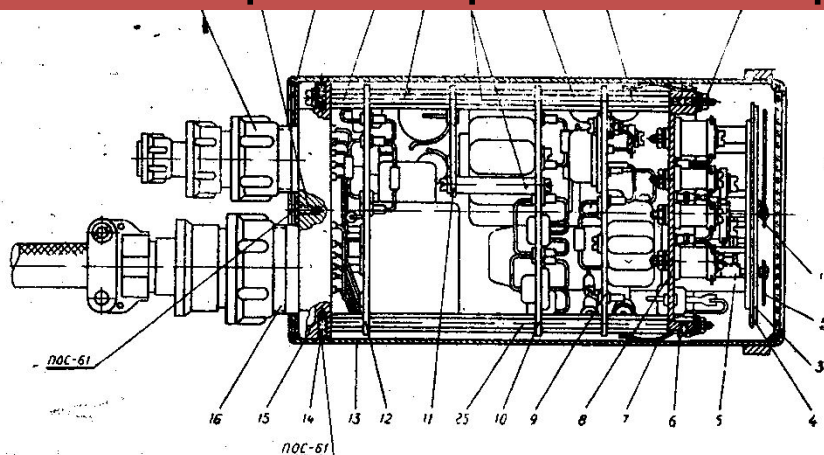
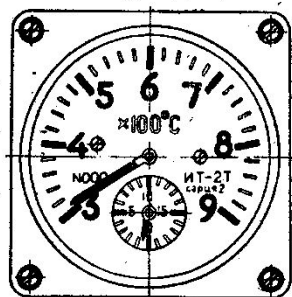


Рис. 3. Конструкция измерителя ИТ-2Т серия 2.

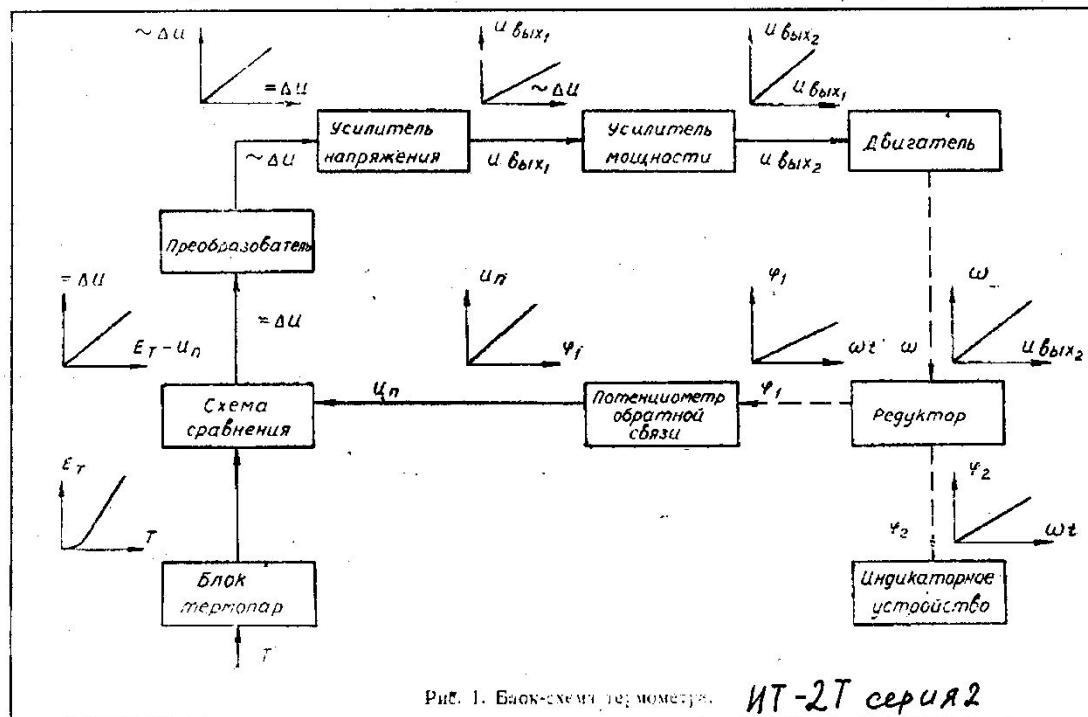
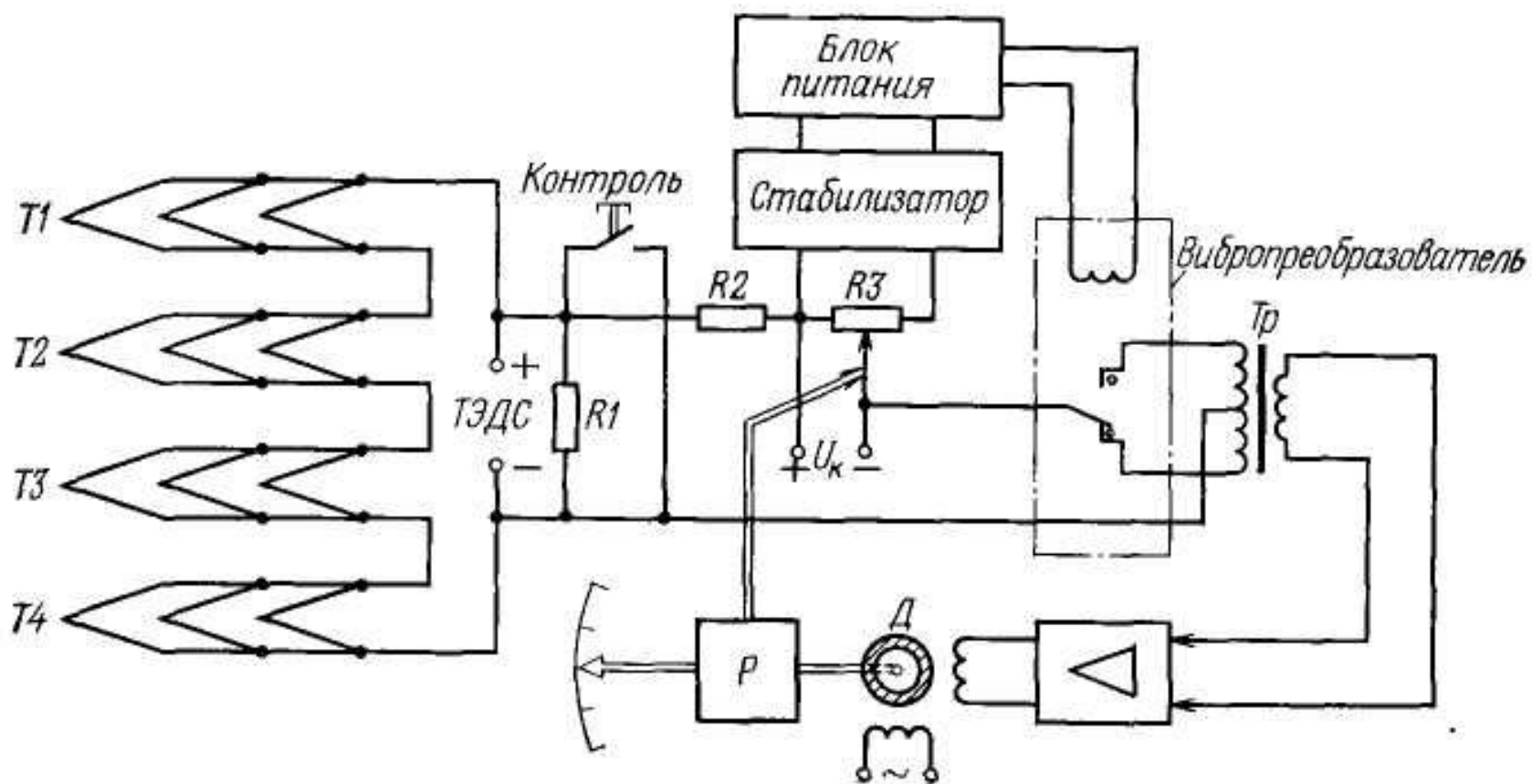


Рис. 1. Блок-схема термометра.

Термоэлектрический термометр ИТ-2т 2серии- компесационный метод



Измеритель ТВГ 2ИА -7А-710

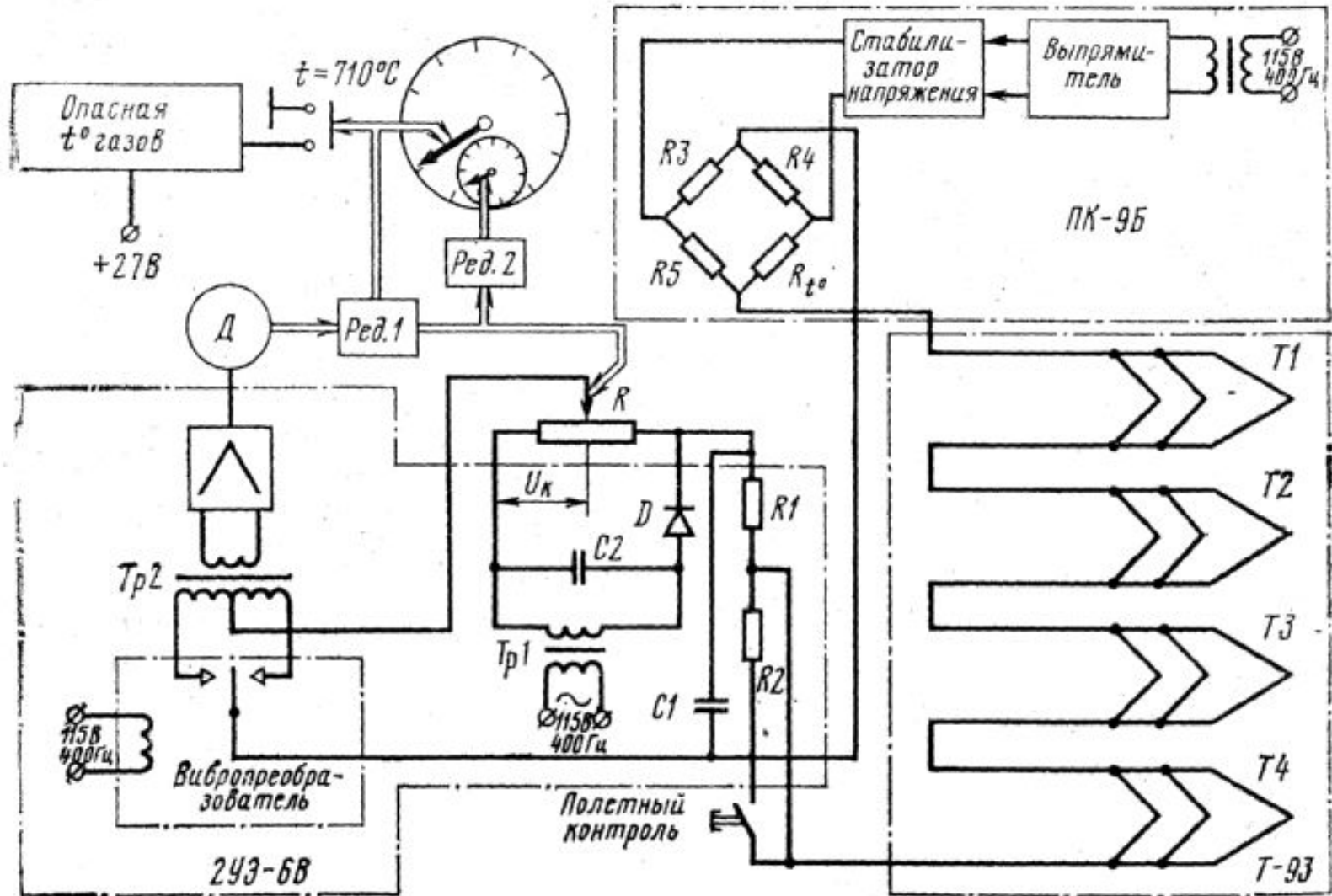


Рис.1 . Функциональная схема измерителя ТВГ 2ИА -7А-710

EGT

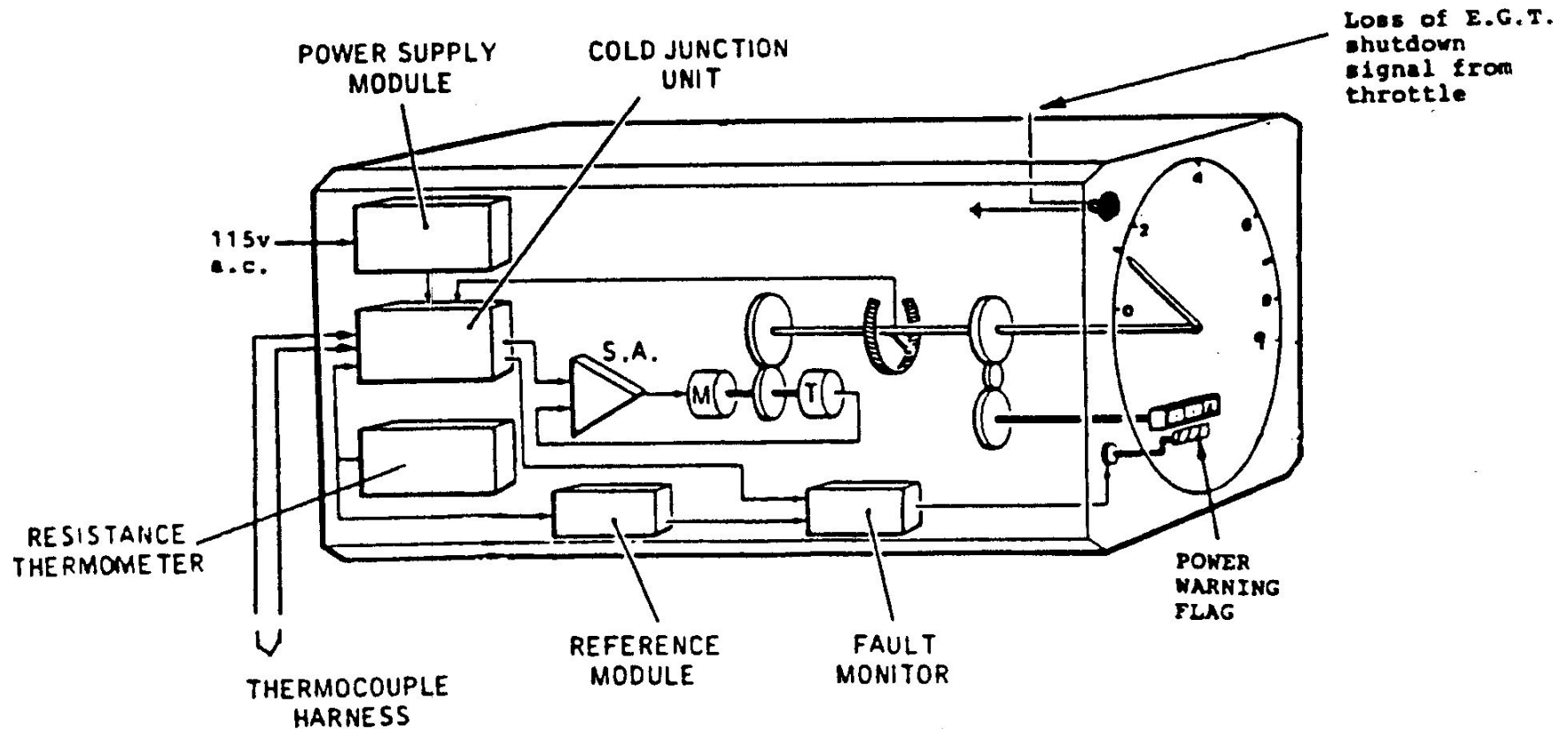
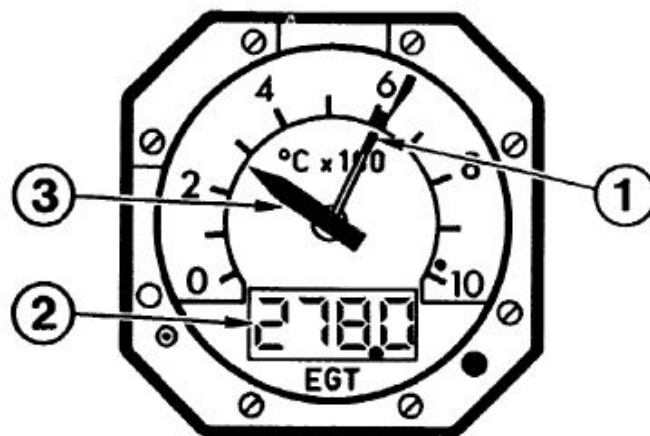


Fig. 23 EGT GAUGE SYSTEM - CONCORDE

EGT



1 · OVERTEMPERATURE POINTER

NORMALLY IN FRONT OF RED LINE. IN THE CASE OF AN OVERTEMPERATURE, IT WILL INDICATE THE MAXIMUM EGT OBTAINED.

IT IS RESET BY PRESSING THE MAX. POINTER RESET PUSH BUTTON.

2 · DIGITAL COUNTER

INDICATES THE EGT IN DIGITAL FORM

IF INDICATOR IS NOT POWERED, THE COUNTER IS BLACK

IN THE CASE OF A SIGNAL FAILURE, THE COUNTER DISPLAYS - - - -

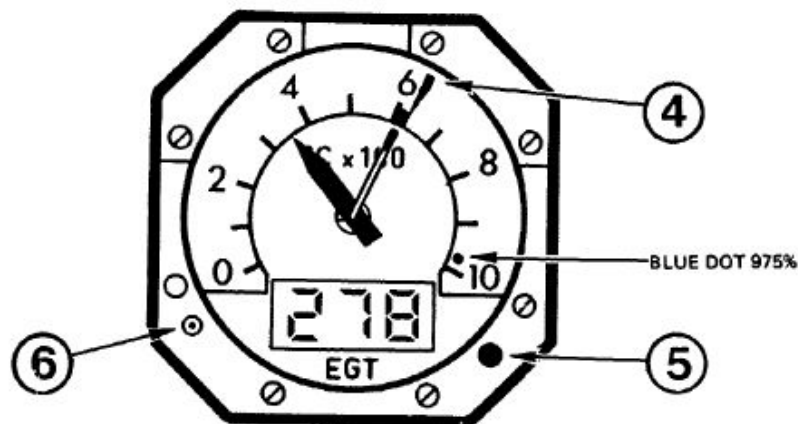
DURING LIGHT TEST THE COUNTER WILL SHOW 8888

3 · POINTER

INDICATES EGT ON THE ANALOG SCALE (0 - 1000 $^{\circ}$ C)

IF INSTRUMENT NOT POWERED, OR IN THE CASE OF A SIGNAL FAILURE
THE POINTER SHOWS THE LOWEST VALUE (<0)

EGT



4 · RED LINE

INDICATES MAXIMUM PERMISSIBLE EGT OPERATING TEMPERATURE (625°C FOR JT9D7R4D1)

WHEN THE POINTER EXCEEDS THIS VALUE AN INTERNAL SWITCH WILL CAUSE :

THE ENGINE AMBER WARNING LIGHT ON THE WLDP TO COME ON ACCOMPANIED BY THE SINGLE CHIME

THE ENGINE PAGE TO APPEAR ON THE ECAM DISPLAY UNIT

- THE ASSOCIATED INFORMATION TO APPEAR ON THE ECAM DISPLAY UNIT
- THE PEA LIGHT TO COME ON

5 · PEA LIGHT (AMBER)

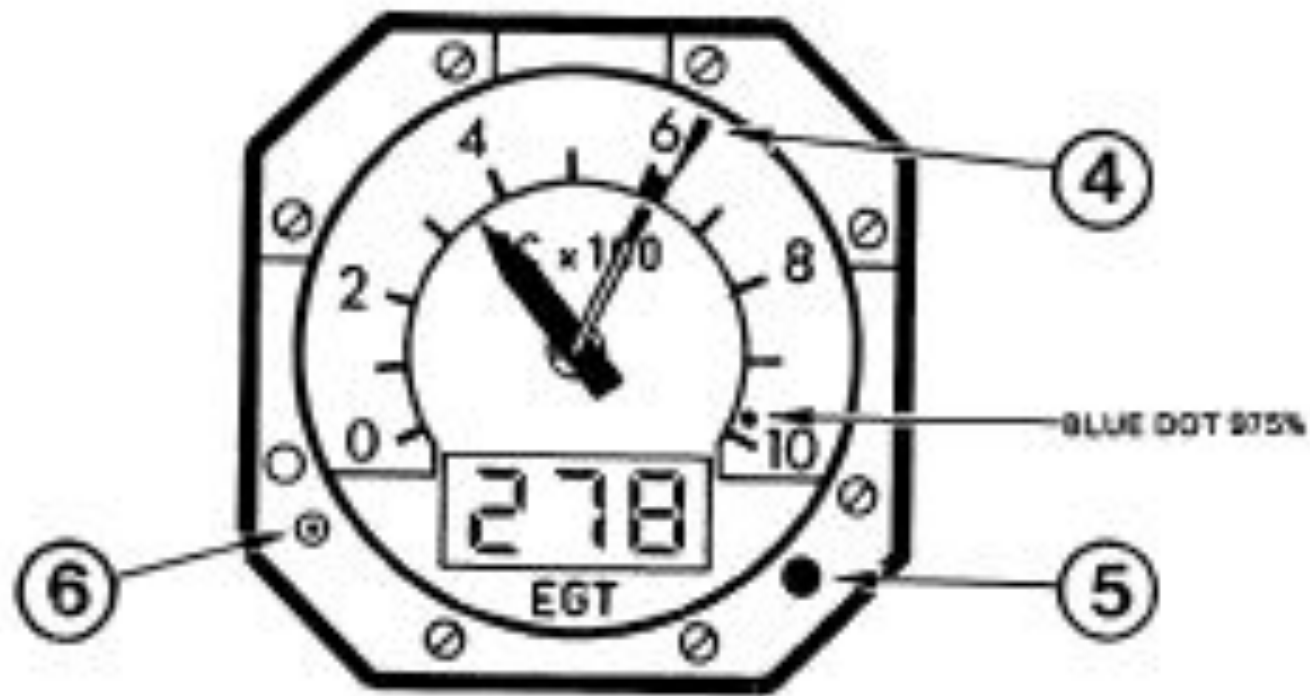
COMES ON WHEN POINTER EXCEEDS RED LINE.

6 · BITE SWITCH

USED TO TEST INDICATOR OPERATION

WHEN PUSHED POINTER DIGITAL COUNTER AND OVERTEMPERATURE POINTER INDICATE 975° C (BLUE DOT ON ANALOG SCALE) AND OVERTEMPERATURE WARNINGS OCCUR (REF. RED LINE) IF INDICATOR IS OPERATIONAL

EGT



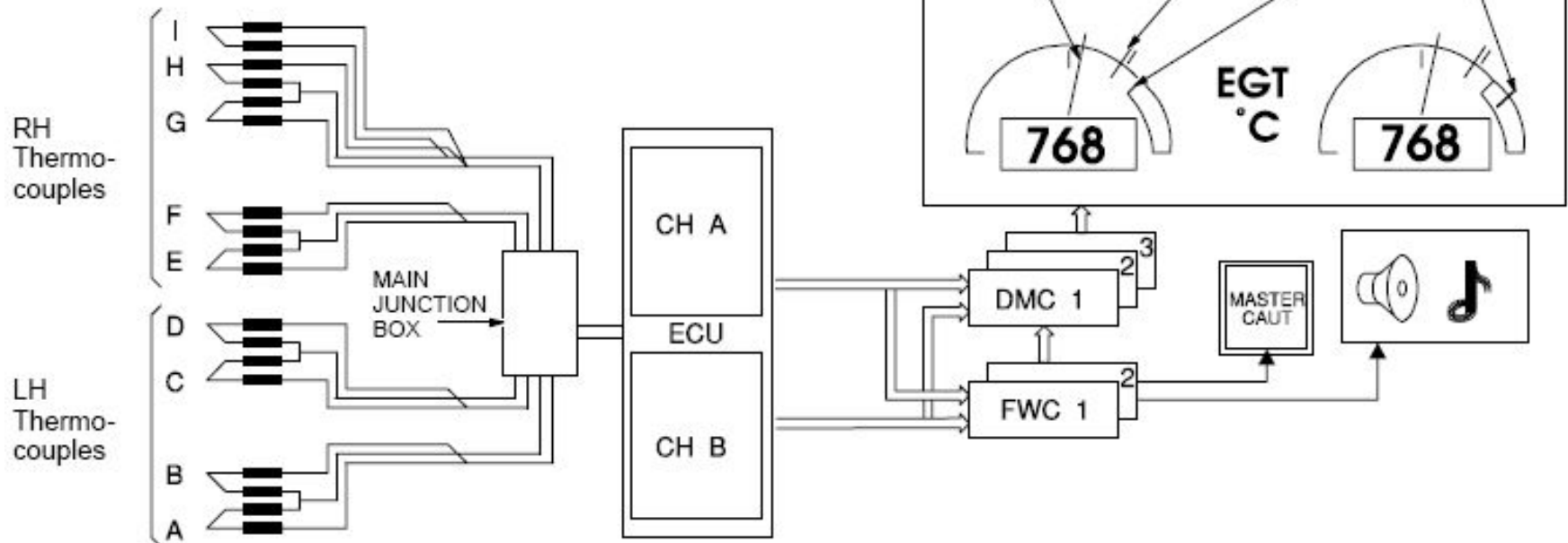
EGT на ECAM

ACTUAL EGT: NORMALLY GREEN.

POINTER PULSES AMBER AND NUMERIC VALUE IS GREEN WHEN EGT IS HIGHER THAN 855.C, OR 725.C DURING THE ENGINE START SEQUENCE.
BOTH PULSE RED WHEN EGT EXCEEDS 890.C.

MAX EGT (AMBER INDEX): 725.C AT ENGINE START
THEN 855°C (MCT).

EGT EXCEEDANCE(RED INDEX): IF 890C IS EXCEEDED, A RED MARK APPEARS AT THE MAX VALUE ACHIEVED. IT WILL DISAPPEAR AFTER A NEW TAKE OFF OR AFTER MAINTENANCE ACTION THROUGH THE MCDU.



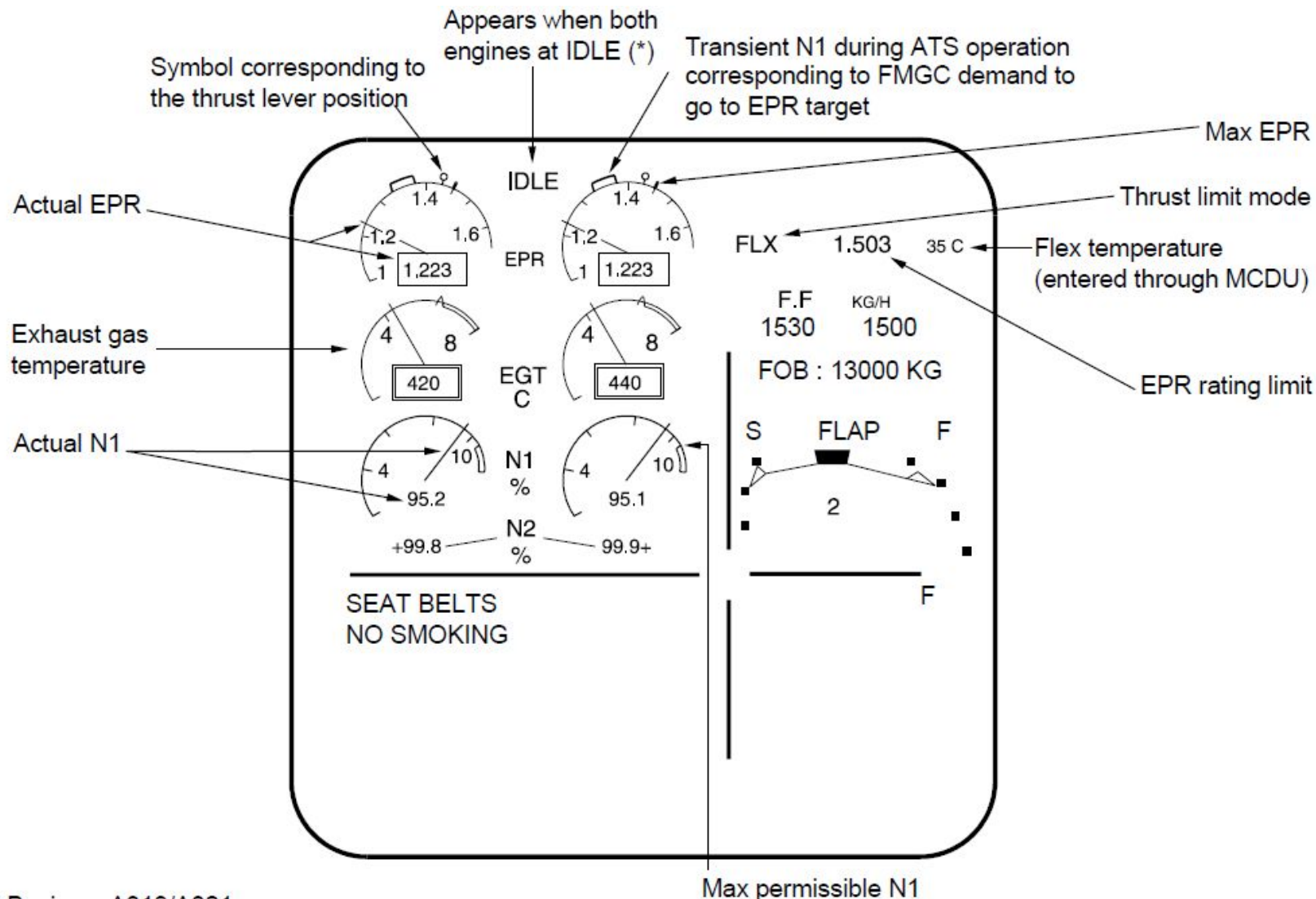
E/WD – верхний дисплей



EGT на ECAM

- One ECU located on the engine with dual redundant
- channels (active and standby) each having separate 28V
- DC aircraft power sources to ensure engine starting on
- ground and in flight.
- In addition dedicated ECU alternator assures self power
- above 12% N2 for CFM56 (10% N2 for IAE V2500).
- Dual redundancy for electrical input devices (ADIRS 1+2,
- TLAs, engine parameters).

EGT на ECAM



Указатели EGT

a) Dual EGT indicator
(piston engine)



b) Servo-operated EGT indicator
(gas turbine engine)



- Конструкция термопары для поршневых двигателей показана на рис. 7.11. Термоэлектроды, изготовленные из хромеля и копеля, впаяны в медную шайбу, которая служит для крепления термопары под свечой зажигания поршневого авиадвигателя и играет роль теплоприемника. Концы термоэлектродов соединяются наконечниками 2 и 3 с многожильными соединительными проводами из того же материала, что и термоэлектроды. Соединительные провода закапчиваются штепсельным разъемом, внутри которого расположено подгоночное сопротивление (несколько витков манганиновой проволоки), с помощью которого достигается постоянство суммарного сопротивления термопары и соединительных проводов (провода выпускаются различной длины).

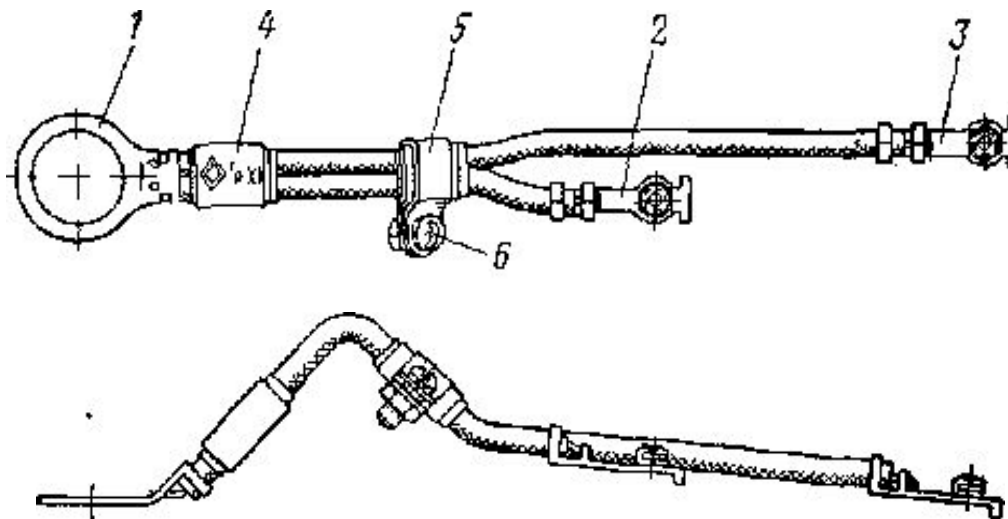


Рис.7.11. Конструкция термопары для поршневых двигателей:
1 - шайба; 2,3 – наконечники; 4,5 – скоба; 6 – винт

Термоэлектрические термометры

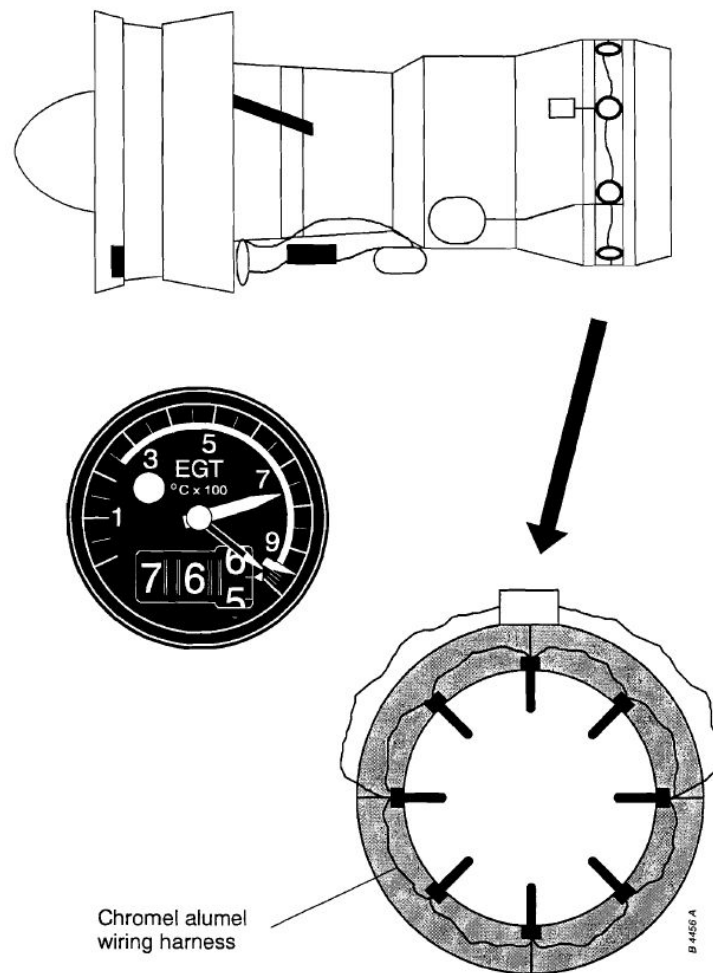


Figure 15 Thermocouple Carrier of a Gas Turbine Engine

Термоэлектрические термометры

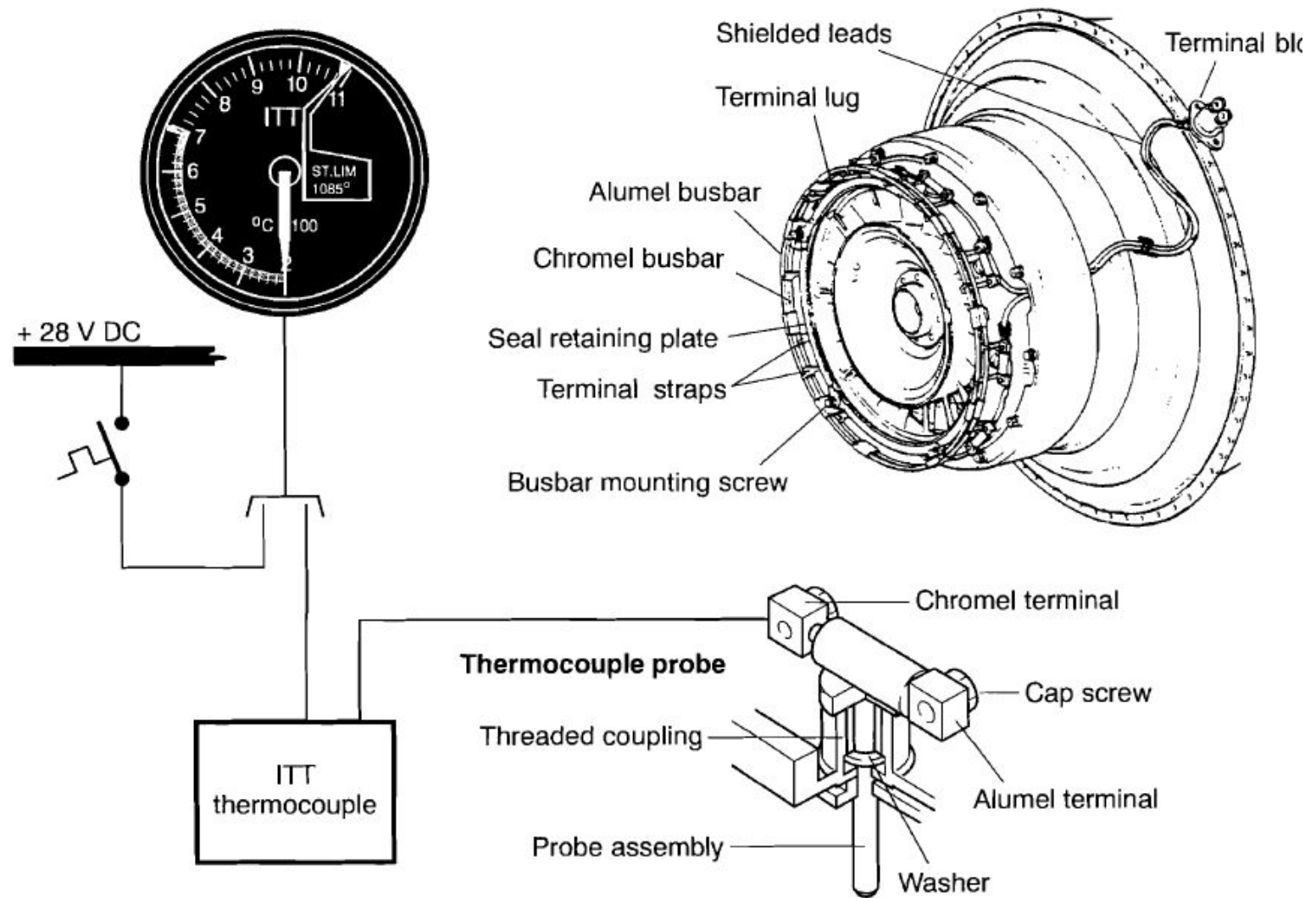


Figure 16 ITT Indication (Schematic Diagram)