

发动机转速调节的双重控制模式

夏存江

(中国民航飞行学院 四川广汉·618307)

摘要 以CFM56-3民用高涵道比涡轮风扇发动机为例,介绍一种采用机械液压控制器作为主控制器,同时采用一个电子控制装置控制推力的双重控制模式。

关键词 发动机 控制模式 转速控制 推力控制 双重控制

1 引言

CFM56-3发动机是一种较先进的涡轮风扇发动机。该发动机采用高涵道比、双转子的设计方式。同时它的转速控制方式采用既不同于传统的机械液压的控制,也有别于现在普遍采用的全权限数字电子控制(FADEC),而是介于二者之间的一种过渡控制模式。它运用主发动机控制器(MEC)控制核心机转速 n_H 和功率管理控制器(PMC)控制发动机推力(n_L 转速)的双重控制模式。

2 主发动机控制器(MEC)控制模式

主发动机控制器(MEC)是发动机的一个主要的机械液压式的控制组件。它不仅要参与核心发动机的转速 n_H 的控制,还要完成发动机其它系统的控制管理工作。本文主要讨论它的转速 n_H 控制功能。MEC在控制核心发动机转速 n_H 时,通过对一些传感器感受到的发动机进口参数(P_{S12} 、 $T_{2.0}$)以及飞行员的指令进行计算得出一个目标 $n_{H,target}$ 转速,然后通过调节供给燃烧室的燃油供油量使发动机核心机转速 n_H 与目标转速 $n_{H,target}$ 保持一致,达到控制 n_H 转速。由于CFM56-3发动机是一种高涵道比的涡轮风扇发动机,涵道比约为5.0,其推力绝大部分来自于外涵(风扇)。据试验,该发动机静态起飞推力的78%左右是由外涵产生的,因此该发动机的推力

是用风扇转速 n_L 来衡量。要精确控制推力也就是要精确控制风扇转速 n_L 。在MEC单独控制的情况下,作为转速控制来讲它只控制 n_H 转速,可以获得一个精确的 n_H 转速, n_L 转速全靠高、低压转子之间的气动关系获得。随着发动机工作状况及寿命状况的变化,由气动关系获得的 n_L/n_H 的对应关系也会发生变化,同一 n_H 转速时, n_L 转速可能不一样,推力也就不同。为了准确控制发动机推力,在该发动机上另外安装了一个控制装置,称为功率管理控制器(PMC)。

3 PMC与MEC双重控制模式

功率管理控制器(PMC)是一个电子控制装置,其主要作用是控制发动机推力,也就是控制发动机风扇转速(n_L)。PMC控制推力(n_L 转速)实际上是通过MEC调节燃油供油量来实现的。PMC控制 n_L 转速时,通过对一些传感器受到的发动机进口参数(P_{S12} 、 T_{12})以及从MEC来的飞行员指令(PIA)计算出推力要求的目标转速 $n_{L,target}$,然后把发动机的实际 n_L 转速与之相比较,如二者存在差异,则PMC输出一个力矩马达电流给MEC,通过MEC的力矩马达改变燃油计量活门的开度,改变供油量使发动机的 n_L 与目标转速 $n_{L,target}$ 一致,这时 n_H 转速也要发生变化。换句话说,PMC控制 n_L 转速是通过调节 n_H 实现的,而 n_H 转速又是MEC控制,这就构成了发动机

转速的双重控制。其控制简图如图 1 所示。

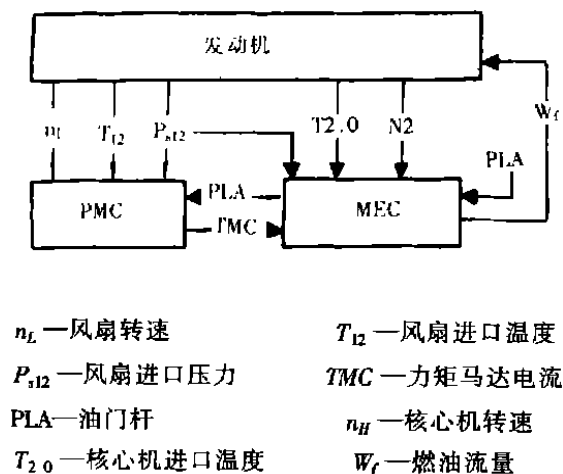


图 1 发动机转速双重控制简图

PMC 的工作必须满足三个条件：在座舱面板上的 PMC 开关处于“ON”位； n_L 转速达到 40% 以上；PMC 控制组件及其有关的传感器工作正常。当以上三个条件缺少一个时，PMC 就不会工作，此时的 n_L 转速与推力要求的目标转速存在差异。当 MEC 与 PMC 同时工作时（一般情况均如此），两个控制组件均要调节燃油供油量，这时 PMC 在一定的权限范围内具有优先权。在这个范围内，PMC 控制 n_L 转速，使其满足推力要求，而 n_H 转速有一些微小的变化。PMC 调节的具体范围为向上 +3.85% n_H 转速，向下为 -5.1% n_H 转速。一旦 PMC 上调或者下调 n_H 转速到两个极限时，如果 n_L 转速还不能满足推力要求，此时 MEC 起主要作用，PMC 则不能再通过调节 n_H 转速来获得所需 n_L 转速。要获得满足要求的 n_L 转速需人工控制油门杆来实现，就有可能出现油门杆错位。从 PMC 调节范围可以看出，其下调能力比上调能力要强。PMC 在大多数情况下是下调 n_H 转速，其中一个重要的原因是为了保证安全。因为当发动机在使用过程中，如果 PMC 失效而停止工作，为保证发动机能够获得足够的推力，由 MEC 控制 n_H 转速而由气动关系获得的 n_L 转速应当高于目标 n_L 转速，也就是 MEC 单独工作时获得的 n_L 转速应当高于推力要求的 n_L 目标转速。因此 PMC 和 MEC 同时工作时大多数情况下是下调 n_H 转速。PMC 工作与不工作时 n_L 和 EGT 随时间的变化曲线见图 2。

由此可以看出，PMC 不仅起着精确控制推力的作用，还能减小发动机在加速过程中 n_L 和 EGT 的超

调量，增加 EGT 裕度，提高发动机寿命，如果 PMC 的下调能力不够，则不能在加速过程中有效地减小 n_L 和 EGT 的超调量。这也是 PMC 的下调能力比上调能力强的重要原因。

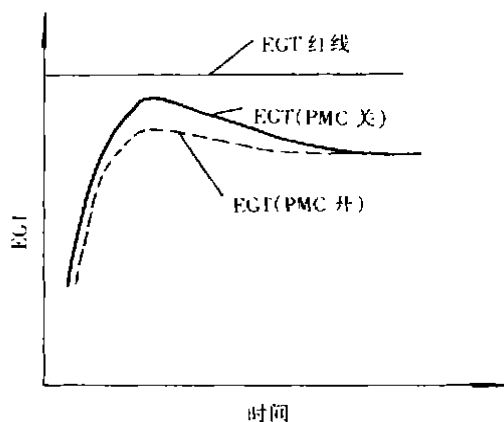
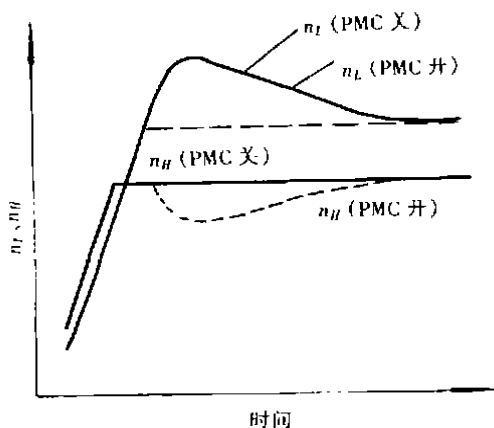


图 2 PMC 工作与不工作时， n_L 和 EGT 变化曲线

4 结论

实践证明，CFM56-3 发动机的发动机在转速控制方式上采用的双重控制是一种独特的控制模式，既保证了发动机的推力，又保证了发动机安全可靠地工作。但在使用过程中也存在一些不足，由于它采用两个控制附件进行双重控制，这给发动机维护人员的排故工作带来了一定的困难，但我们可以通过地面试车的方法把二者的故障隔离开，然后予以排除。

参考文献 (略)