

民用飞机厨房智能配电方法研究

Intelligent Method of Power Distribution for Aircraft Galley

上海飞机客户服务有限公司 刘 剑
 同济大学电信学院 王 庶
 中航商用航空发动机有限责任公司 蒋永芳

[摘要] 民用飞机厨房配电方法对于降低电源系统设计容量和减轻飞机重量起着重要的作用。在分析飞机厨房设备两种耗电模型的基础上,提出了民用飞机厨房智能配电方法,并分析了厨房设备的智能工作流程、用电请求级别和用电设备优先级。对国产某型支线飞机的厨房系统运用该方法进行了配电设计验证。结果表明,厨房设备需求的总功率仅为传统设计方法所需功率的 30.9%。

关键词: 飞机 厨房 智能配电

[ABSTRACT] The method of power distribution for the aircraft's galley is essential in the design process of the galley to minimize the capacity of power system and the weight of the aircraft. Based on the analysis of two types of power consuming models of the galley equipment, the intelligent method of power distribution of the aircraft galley is proposed. The intelligent working flow of the galley equipment, the request level of power demand and the priority are discussed respectively. The proposed method is applied in the galley of a regional aircraft. The results show that the total required power under the intelligent method is 30.9% of that designed in the traditional method.

Keywords: Aircraft Galley Intelligent power distribution

民用飞机一般具有 1 个或多个机上厨房,向旅客和机组人员提供必备的饮食服务。机上厨房安装有多个用电设备,如烤箱、热水器、咖啡机、垃圾处理器等。机上厨房设备的总功率需求依据机型大小、具体配置而定。以波音 777 为例,厨房设备用电总需求为 140kVA^[1],占电源总容量的 58.3%。厨房设备一般在飞机巡航阶段使用。

目前,厨房设备的供电采用直接配电方式^[2-3]。厨房所有用电设备通过电缆网连接至汇流条,获取飞机电源系统提供的功率。尽管厨房设备使用时间较短,但是厨房配电系统在设计时其容量必须大于所有耗电设备

同时工作时的最大负载总和。同时,也要求电源系统设计时必须满足厨房所有设备最大负载功耗的总和。在飞机实际运行中,所有厨房设备同时工作在最大负载的情况非常少。上述配电方式使得供配电系统效率很低,造成了供配电系统容量的浪费;同时也使得电源供配电系统增加了不必要的重量,增大了复杂性和成本。因此,如何改进飞机厨房配电方法,降低电源供配电系统容量,进而降低飞机重量和燃油消耗具有重要的意义。目前针对飞机全机供电系统的智能配电方法已经展开了若干研究^[4-6],主要采用设置电气负载优先级的方法。但是未见文献对飞机厨房系统的智能配电方法开展深入研究。

本文就飞机厨房智能配电方法展开了研究,首先介绍飞机厨房设备的功率消耗模型;其次提出智能配电方案,并研究智能配电设备的工作流程和相关专业设置;最后在某支线飞机上进行设计验证,给出厨房系统优化的设计结果。

1 飞机厨房设备耗电模型

飞机厨房包括一系列用电设备,用于机组人员准备飞行用餐和茶点。设备包括:烤箱、咖啡机、水煮沸器、热杯、垃圾压缩器、冷柜等。飞机厨房设备的功率消耗模型有两种,如图 1 所示。

图 1(a)给出了保温型设备的功率消耗模型。功率消耗分为两个阶段:加热阶段和保温阶段。在初始加热阶段,功率消耗恒定且连续;当到达设定温度后,功率消耗进入周期性开启/关断模式。烤箱是典型的保温箱设备。图 1(b)给出了非恒温型设备的功率消耗模型,功率消耗持续时间固定且功率不变。这类设备有热水器、咖啡机、垃圾压缩器等。

由于厨房设备工作时功率消耗存在不同步性,如热杯、垃圾压缩器等不需要与烤箱同时工作;也存在间歇性,如烤箱保持恒温时进入周期性开启/关断模式。因此,可以利用这两个特点,对厨房配电系统进行智能化设计。

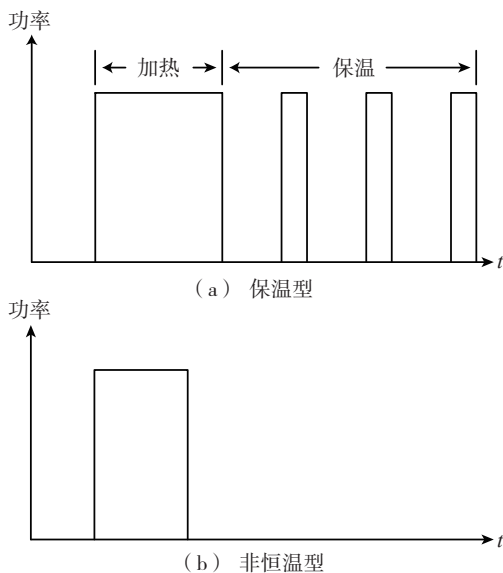


图1 厨房设备功率消耗模型

Fig.1 Power consuming models of galley equipment

2 厨房智能配电方法

2.1 智能配电方案

图2给出了机上厨房智能配电方案。配电系统包括厨房汇流条、功率分配器、智能控制器、配电电缆网和数据通讯总线。其中功率分配器、智能控制器和厨房用电设备都是带有嵌入式处理器的智能设备,具有通讯和自动控制功能。各个用电设备通过相应的电缆连接至功率分配器获取功率;同时通过数据通讯总线连接至智能控制器,将该用电设备的工作状态、用电请求等信息发送给智能控制器。智能控制器是厨房配电系统的核心控制装置,监测各个用电设备,根据设定的供电总容量、当前供电裕量以及设定的优先级表,向功率分配器发出拒绝或准许供电指令,接通或断开相应的设备,确保总消耗功率小于厨房汇流条允许提供的最大功率。

厨房设备智能配电方法的核心思想是将厨房设备

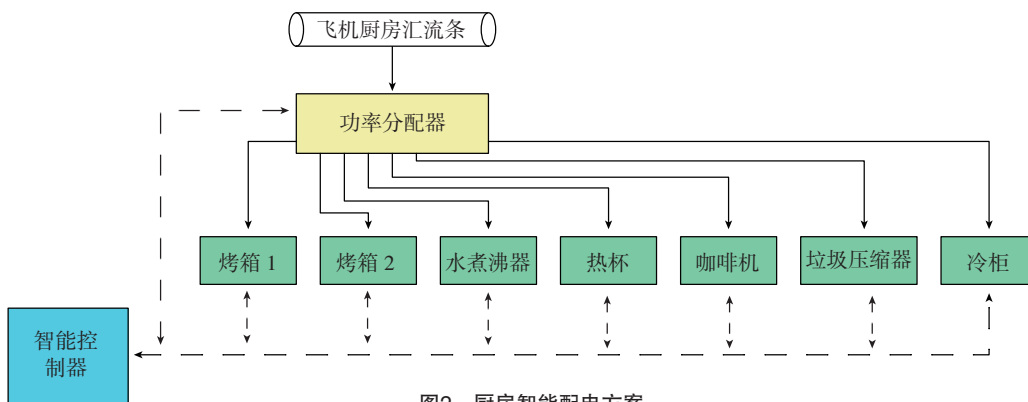


图2 厨房智能配电方案

Fig.2 Intelligent power distribution method of aircraft galley

原来并行工作的模式调整为按照优先级次序串行工作的模式。因此,整个厨房功率需求可以大幅度降低;不低于所有厨房设备功率需求中的最大值即可保证厨房系统正常运转。进一步,在满足厨房用电最低需求量的基础上,可以根据飞机电源系统的裕量灵活配置飞机厨房供配电容量,从而减少厨房设备串行工作时间。

2.2 智能配电工作流程

图3给出了智能控制器运转时的工作流程。首先,智能控制器通过数据通讯总线向各个用电设备发出用电需求查询指令。在接收到各个设备的用电请求指令后,根据设定的设备优先级次序表和用电请求级别进行排序。智能控制器根据当前厨房系统的工作状态计

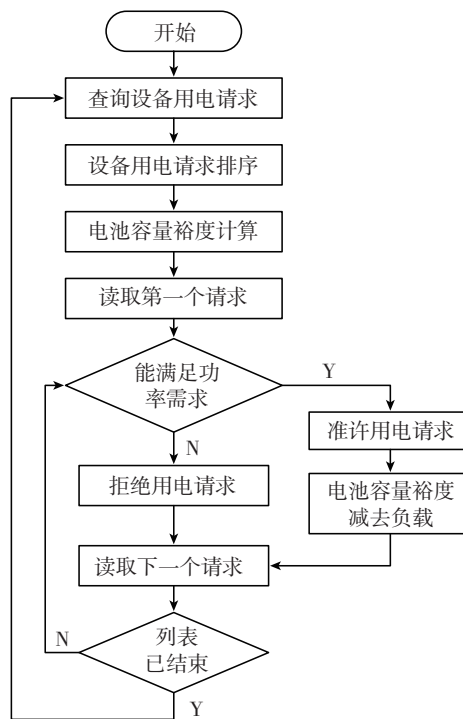


图3 智能控制器工作流程

Fig.3 Working flow of intelligent controller

算供给厨房系统的电源容量裕量。在读取第一个用电请求后,判断供电裕量是否满足申请用电设备的功率需求。如果不满足,则拒绝用电请求;如果满足,则准许用电请求,并同时计算准许后的电源容量裕量。智能控制器将拒绝或准许指令通过数据通讯总线发送给申请的用电设备和功率分配器后,读取下一条用电请求。智能控制器判断请求列表是否结束。如果没有结束,则返回供电裕量判断步骤。如果结束,则返回流程起始端,重新开始一个完整循环。

图4给出了厨房用电设备运转时的工作流程。用电设备接收智能控制器发来的用电需求查询指令。根据自身的状态(负载特性、运转模式、用户操作指令等等)进行判断,并确定用电需求量和请求级别。然后,通过数据通讯总线向智能控制器发送用电请求。

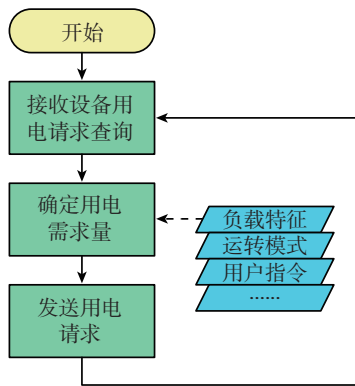


图4 厨房用电设备工作流程
Fig.4 Working flow of galley equipment

图5给出了厨房功率分配器运转时的工作流程。功率分配器接受数据通讯总线上智能控制器发出的用电请求答复指令,根据其指令判断是否对某个厨房设备的跳开关进行相应的接通或断开操作。操作完成后,向

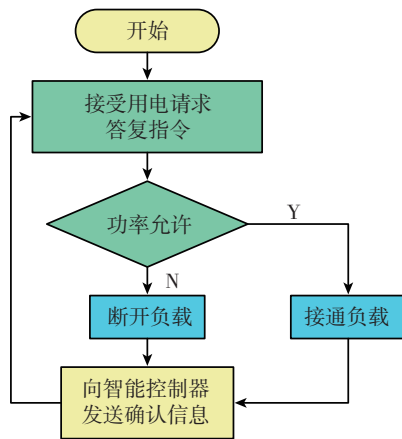


图5 功率分配器运转流程
Fig.5 Working flow of power distributor

智能控制器发出确认信息。

2.3 设备用电请求级别和配电优先级

设备用电请求级别(RL)由用电设备提出,表示该用电设备用电需求的紧急程度。设备用电请求级别根据设备的运转模式、当前的工作状态等信息进行确定。本文中,厨房设备用电请求级别设置如表1所示。一共分为5级,以1~5表示。数字越大,级别越高。

级别5表示设备的重要用电需求,该级别用电请求表示设备迫切需要功率进行工作。比如烤箱在初始加热阶段必须持续运转,以确保食物的品质。级别4表示设备的一般用电需求,比如用电设备内部的温度低于设定温度,需要进行加热维持。级别3表示用电设备初始上电,具备运转的条件,如果用电请求被拒绝,该用电设备将维持在请求级别3上。如果获得准许,用电设备将按照运转程序确定的功率需求重新提交请求级别。级别2表示用电设备无用电功率请求,比如烤箱、咖啡机等达到设计温度后关闭加热阶段,此时不需要供电。级别1表示用电设备处于关闭状态,此时用电设备不需要供电,且智能控制器也不允许对其供电输出。

厨房设备优先级(PL)表示申请用电设备的优先程度。智能控制器中存有一张所有厨房设备的优先级列表。本文中厨房设备优先级设定如表2所示。一共分为4级。数字越大,级别越高。烤箱工作时间长,且向所有乘客提供食物,因此级别定位为最高级4。热杯、咖啡器和水煮沸器的级别为3。冷柜级别为2。垃圾压缩机工作时间短,且无紧急需求,因此级别最低为1。

在厨房系统运转过程中,智能控制器按照存储的厨房设备优先级列表,对所有申请进行排序。具有相同设备优先级的申请,按照用电请求级别进行排序;对于同

表1 用电请求级别列表

请求级别	描述
5	重要用电需求
4	用电需求
3	初始上电
2	无功率需求
1	设备关闭

表2 厨房设备优先级列表

优先级	描述
4	烤箱
3	热杯、咖啡器、水煮沸器
2	冷柜
1	垃圾压缩机

时具有相同设备优先级和相同用电请求级别的申请,按照申请时间先后次序进行排序。

3 设计结果

以国产某型支线飞机为例,对本文提出的厨房智能配电方法进行了设计验证。该支线飞机厨房设置有烤箱、水煮沸器、咖啡器和热杯。具体数量和用电参数见表3所示。按照传统厨房配电设计方法,整个厨房需要的功率为16160VA。

表3 某型支线飞机厨房设备列表

设备	数量	功率 / VA
烤箱	2	3800
水煮沸器	1	5000
咖啡器	1	3000
热杯	1	560

运用本文提出的智能配电方法,在该型飞机厨房配电设计中,整个厨房设备的容量最低可以设置到5000VA。该容量仅为传统设计方法的30.9%。图6给出了采用智能配电方法后,在航线飞行时厨房设备的工作时序图。从图中可以看出,烤箱1和烤箱2先后工作进行初始加热,而后进入周期性的加热阶段。在烤箱停止加热期间,水煮沸器、咖啡器和热杯进行工作。由于热杯需求功率较小,咖啡器和热杯是同时工作的。

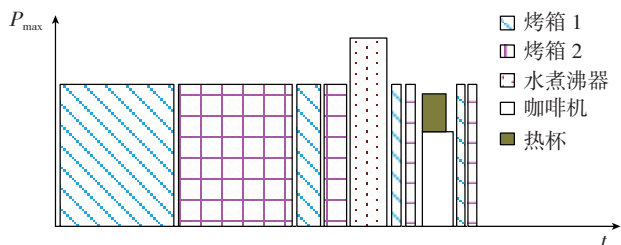


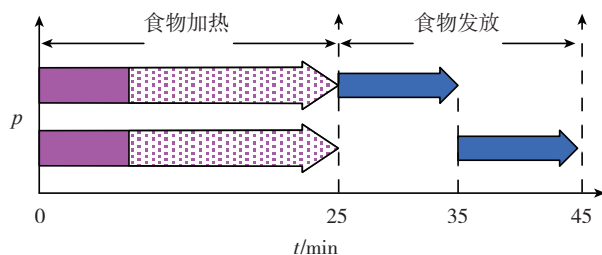
图6 飞机厨房设备工作时序图

Fig.6 Working sequence of aircraft galley

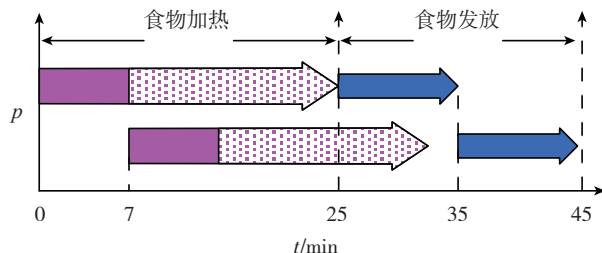
在传统直接配电方式下,飞机烤箱服务时序图如图7(a)所示。其中食物加热时间为25min,食物发放时间为20min,总时间为45min。采用智能化配电方法后,飞机烤箱服务时序图如图7(b)所示。从图中可以看出,烤箱2在烤箱1完成初始加热7min后开始加热。两个烤箱总加热时间为31min,总服务时间保持45min不变。

4 结束语

本文对民用飞机厨房智能配电方法进行了研究。提出了飞机厨房智能配电方案,并讨论了配电系统中智



(a) 传统直接配电



(b) 智能化配电

图7 两种设计方法下的烤箱服务时序图

Fig.7 Servicing sequence of ovens under two methods of power distribution

能控制器、用电设备和功率分配器的工作流程。同时讨论了用电设备的状态、相应的用电请求级别,以及控制器的设备配电优先级。飞机厨房智能配电方法在某型支线客机的厨房配电系统设计中得到了设计验证。结果表明,飞机厨房设备需求的总功率为传统设计方法所需功率的30.9%,而厨房服务总时间保持不变。本文提出的方法能够大幅降低电源供电系统设计容量,进而降低飞机重量和燃油消耗,提高飞机运营经济效益,具有重要的应用价值。

参考文献

- [1] Andrade L, Tenning C. Design of the Boeing 777 electric system. IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine, 1992, 7(7): 4-11.
- [2] 严东超. 飞机供电系统. 北京: 国防工业出版社, 2010: 267-289.
- [3] 沈颂华. 航空航天供电系统. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2005: 183-197.
- [4] 傅大丰, 杨善水, 刘祥. 飞机电气负载智能管理技术的研究 // 第十四届全国电源技术年会. 北京: 中国电源技术学会, 2001.
- [5] 傅大丰, 杨善水, 严仰光, 等. 飞机自动配电管理系统电气负载管理技术的研究. 南京航空航天大学学报, 2002, 34(1): 73-78.
- [6] Xia X, Lawson C P. The development of a design methodology for dynamic power distribution management on a civil transport all electric aircraft. Aerospace Science and Technology, 2012, doi:10.1016/j.ast.2011.12.015.

(责编 良辰)