

The Design of Battery Temperature Feedback System in New Energy Vehicle Based on the Theory of TRIZ

Qingyue Liu¹, Hongjie Liu²

¹Nanjing University of Posts and Telecommunication, Nanjing

²Nanjing Putian Telecommunications Co., Ltd, Nanjing

Email: Sylvia531@live.cn, hongjie_liu@139.com

Received: May 4th, 2012; revised: May 21st, 2012; accepted: May 29th, 2012

Abstract: This essay analyzed main points of the theory of TRIZ (Theory of the Solution of Inventive Problems), and searched for the fundamental thoughts and methods. It also used this theory to improve the battery system in the new energy verticals. Firstly, this essay used the theory of evolution from TRIZ to analyze different kinds of graphs which show the current development of cars. And this research showed that it is valuable to search for the field of the battery system also it is really immediately to do so. Secondly, it used the theory of TRIZ to lead to the improvement of battery system in the new energy vertical. We separated the battery system from the vertical by using the contradiction matrix and analysis the effect of temperature alone. We raised the technical contradiction in the battery system and using the contradiction matrix to solve the contradiction we found. Also we raised the physical contradiction in the battery system and use the principle of separating to leave the problem of temperature in the subsystem. In the end we use the knowledge of 51 SCM and temperature sensor DS18B20 to solve the problem and use the Proteus to make the plan reality.

Keywords: The Theory of TRIZ; Evolution; Technical Contradiction; Battery System; Single-Chip Microprocessor; DS18B20

基于 TRIZ 理论的新能源汽车电池温控系统设计

刘清越¹, 刘宏杰²

¹南京邮电大学, 南京

²南京普天通信股份有限公司, 南京

Email: Sylvia531@live.cn, hongjie_liu@139.com

收稿日期: 2012 年 5 月 4 日; 修回日期: 2012 年 5 月 21 日; 录用日期: 2012 年 5 月 29 日

摘要: 本文分析了 TRIZ(俄文 теории решения изобретательских задач 的英文音译 Teoriya Resheniya Izo-bre-atatelskikh Zadatch 的缩写, 其英文全称是 Theory of the Solution of Inventive Problems 发明问题解决理论)理论与方法的主要内容, 阐述了 TRIZ 的基本思想和方法体系, 通过实例说明 TRIZ 在新能源汽车动力电池改进中的应用。本文从 TRIZ 理论的技术系统进化体系出发, 通过各项图表分析汽车行业的发展现状, 得出新能源汽车动力电池系统的研究是有实际价值并且迫在眉睫的。其次, 用 TRIZ 理论指导新能源汽车动力电池的改进。采用矛盾矩阵和分离原理, 将电池系统与新能源汽车系统中分离开来, 单独研究温度对动力电池系统的作用。分析其存在的技术矛盾, 利用矛盾矩阵找到解决方法。分析其存在的物理矛盾, 采用系统分离原理, 将温度解决问题并入子系统解决。并通过 51 单片机的知识和 DS18B20 温度传感器得出解决方案。最后, 利用 Proteus 仿真软件实现对解决方案的验证。

关键词: TRIZ 理论; 进化论; 技术矛盾; 动力电池; 单片机; DS18B20

1. 引言

TRIZ 理论是由前苏联 G. S. Altshuller 及其领导的一批研究人员自 1946 年开始, 在分析, 研究, 归纳, 总结世界各国 250 万件高水平发明专利的基础上所提出的发明问题解决理论。

简要地说就是当发明问题产生时, 首先对照技术体系进化法则确定其所处的发展阶段, 预测其未来的发展方向, 进行理想解描述的过程。

一般问题的解决路径是: 对系统进行各种分析, 主要工具有功能分析, 资源分析和矛盾分析等, 从而将一般问题转化为 TRIZ 标准问题(确定技术矛盾), 提取通用工程参数, 查找矛盾矩阵表, 运用 40 个发明原理求解; 如确定为物理矛盾的, 运用分离原理配合 40 个发明原理求解。

本论文对发明问题解决理论 TRIZ 进行了深入的分析和研究, 并以此为指导设计了新能源汽车动力系统控温反馈系统。

首先, 从 TRIZ 理论的技术系统进化体系出发, 通过各项图表分析汽车行业的发展现状, 得出新能源汽车动力电池系统的研究是有实际价值和迫在眉睫的发展方向。

其次, 用 TRIZ 理论指导新能源汽车动力电池的改进。采用矛盾矩阵和分离原理, 将电池系统与新能源汽车系统分离开来, 单独研究温度对动力电池系统的作用。分析其存在的技术矛盾, 利用矛盾矩阵找到解决方法; 分析其存在的物理矛盾, 采用系统分离原理, 将温度解决问题并入子系统解决。

再则, 并通过 51 单片机的知识和 DS18B20 温度传感器得出解决方案。

最后, 利用 Proteus 仿真软件实现对解决方案的验证。

2. 利用技术进化论确定研究方向

2.1. TRIZ 的技术进化论

TRIZ 理论认为技术系统的进化并非取决于人的主观愿望, 而是遵循事物进化的客观规律和模式。它与自然科学中的达尔文生物进化论和斯宾塞的社会达尔文主义同被称为“三大进化论”。

TRIZ 中的技术进化理论是 TRIZ 理论的基础。技术进化理论将产品进化过程分为 4 个阶段: 婴儿期、

成长期、成熟期、退出期, 形成如图 1 所示的 S 型进化曲线。处于前两个阶段的产品, 企业应加大投入, 尽快使其进入成熟期, 以便企业获得最大效益; 处于成熟期的产品, 企业应对其替代技术进行研究, 使产品取得新的替代技术, 以应对未来的市场竞争; 处于退出期的产品, 企业利润急剧下降, 应尽快淘汰。这些可以为企业产品规划提供具体的、科学的支持。

运用 TRIZ 的技术进化论在产品开发战略层面对产品的技术、创新、市场等参数进行归纳分析, 明确产品现阶段的发展定位, 由此确定如何选择产品差异化与低成本、渐进和突破开发战略, 为产品开发战术实施提供导向。

2.2. 汽车产业发展分析

根据资料^[1]所统计有关汽车从产生到发展到现在的一些数据资料, 分别根据汽车的参数性能, 发明专利数量, 发明级别, 获得利润的数据绘制成图, 如图 2 所示汽车进化各阶段各参数变化。

图 2 中红线部分即为汽车现在所处的发展阶段, 从现阶段汽车发展情况曲线可以看出, 汽车速度的进化已经进入了成熟期, 车速已经够快了, 道路也足够好了, 也就是说, 汽车发展变的日趋完善, 性能水平达到最高, 所获的利润达到最大并有下降的趋势。关键问题已经不是车能跑多快, 而是出于安全的考虑, 车速需要限制的问题。至此汽车速度在发展上已经接近了一个发展极限。而汽车的其他很多参数, 例如安全性, 操控性能参数, 则仍然处于成长期阶段, 还有许多可以开发的余地。因此汽车的安全系统、电子系统、环保指标等, 就成了汽车研发的主攻方向。

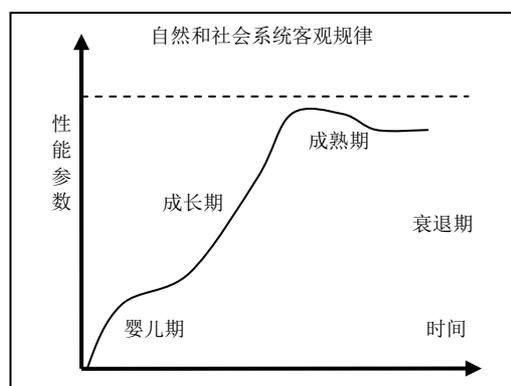


Figure 1. The S-curve graph
图 1. S-曲线的进化规律

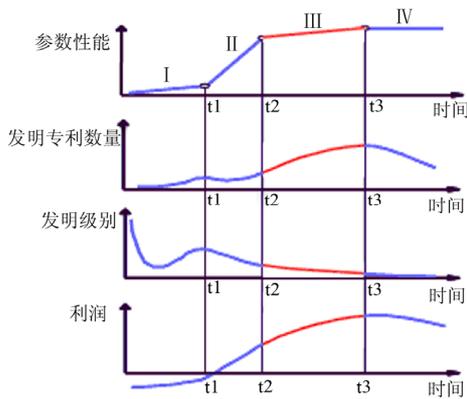


Figure 2. The change of parameters during different period of development of cars' industry
图 2. 汽车进化各阶段各参数变化

2.3. 研究方向确定

本项目就通过 S 型进化曲线的进化规律找到汽车发展的现状。提出汽车发展的后续可能性，以使汽车向环保领域的发展。

从全球新能源汽车的发展来看，其动力电源主要包括锂离子电池、镍氢电池、燃料电池、铅酸电池、超级电容器，其中铅酸电池、超级电容器大多以辅助动力源的形式出现。就环保角度和使用情况来看锂电池的优势相对明显。但由于锂电池的最大电压为 3.7 V 左右则必须使得多个电池串联成电池组才能满足电动汽车对电池电压的需求。电池串联从而导致了，电阻过大产热增高。而温度的升高则会导致电池的稳定性下降，充电总时间增加等一系列问题。

本项目主要就充电时间限制中电流过大产热过大导致电池寿命缩短所产生的矛盾问题利用 TRIZ 进行解决，提出动力电池温控系统改进方案。

3. 利用 TRIZ 理论改进动力电池测温系统

3.1. 问题的定义

目前，电池在运行一段时间后电池温度升高，电池故障率提高，电池输出功率不稳定。电池处在高温状态下充电会产生危险，纯电动车充电前必须间歇冷却，从而使得充电时间拉长。

技术矛盾：如果增加充电电流以提高充电功率，则可以实现大功率，大电流快速充电，但会使电池产热量加大，电池不稳定性增加。

整个系统主要功能：为汽车提供动力源。

整个系统的作用对象：汽车。

系统实现主要功能所使用工具：电池组。

根据 TRIZ 理论的发明问题的解决算法，为解决此问题，我们应该找出一些特殊的功能单元(在 TRIZ 理论中把它称为 X-element)，并把它们确定为研究的技术系统，电池能够实现快速充放电并放电驱动时不产生大量热量。

3.2. 最终理想解的构建

分析上述技术矛盾，找出系统的关键问题和问题区域所在，并定义物理矛盾：电池的电流应该足够大，以便驱动汽车，或实现快速充电，同时又应该足够小，以便减小产热量，提高电池的寿命。

定义理想化的最终结果：通过对电池系统最小的改进，让电池能够快速大电流充放电的同时，减小整个电池系统的产热。

3.3. 解决方案思路产生

3.3.1. 技术矛盾解决

对照矛盾矩阵查找发明原理，查找尽可能多组的改善的通用工程参数和恶化的通用工程参数并得出解决问题的原理。需要改善的通用工程参数分别为功率、静止物体作用的时间，恶化的通用工程参数分别为物质产生的有害因素、稳定性、温度。将需要改善的通用工程参数和恶化的通用工程参数分别两两组合可得到矛盾所提供解决方案原理分别为 2、3、14、15、17、18、23、25、31、32、35、39、根据实际情况，结合现实资源问题选出合适的原则有 2、17、23、25。

具体内容如下：

原理 2：拆出原则

- 1) 从物体中抽出可产生负面影响的部分或属性。
- 2) 仅从物体中抽出必要部分和属性。

原理 17：向另一维度过渡的原则

将物体变为二维运动以克服一维直线运动或定位的困难，或过渡到三维空间运动以消除物体在二维平面运动或定位的问题。

- 1) 单层排列物体，变为多层排列。
- 2) 将物体倾斜或侧向放置。
- 3) 利用照射到临近表面或物体背面的光线。

原理 23：反馈原则

- 1) 在系统中引入反馈。
- 2) 如果已引入反馈, 改变其大小或作用。

原理 25: 自服务原则

物体通过执行辅助或维护功能, 为自身服务。利用废弃的能量和质量。

3.3.2. 物理矛盾的解决

利用系统级别分离原理, 有关电流大小的矛盾在系统的时间和空间上存在交叉的情况, 既在同一时间, 充电期间或放电期间; 同一空间, 电池组放置空间内。既要求电池的通过电流应该足够大, 以便驱动汽车, 或实现快速充电, 同时又要求电池的通过电流足够小, 以便减小产热量, 提高电池寿命。

所以系统无法采用时间分离法或空间分离法, 而只能采用系统分离法。既将对同一个参数的不同要求, 在不同的系统级别上实现。如图 3 所示系统分离框图。

所以根据分离原理提示, 我们可以将电池增加一部分作为子系统, 在子系统中利用 51 单片机解决温度监测和温度反馈调节问题。

3.4. 解决思路的得出

通过对上述物理矛盾和技术矛盾的求解可以得出原理上相同的解题思路, 及在原有电池系统的基础上增加控温反馈电路子系统, 通过温度反馈情况开启降温装置。

4. 电池系统温度问题解决方案实现与验证

4.1. 传感器的放置地点分析

由锂离子电池的热散逸情况资料可得, 锂离子电池在正常工作状态下, 在特定的充放电条件下, 产热的速率基本上是比较稳定的, 因而热散逸速度决定了电池的温度。

资料^[2]显示, 将型号为 F8065130 的磷酸铁锂叠片软包装电池在电池检测柜上以 5C 电流强度放电,

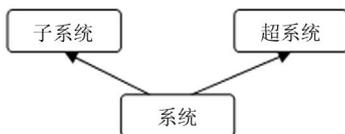


Figure 3. System diagram of the separation
图 3. 系统分离框图

放电完毕后立即用 Fluke Ti10 对电池表面进行热成像, 结果如图 4 所示电池热成像图, 由图可知, 电池表面的温度并不均一。

资料中使用 Fluke 自带的 Smartview 软件对温度分布进行 3D 作图, 结果如图 5 所示电池热成像 3D 图。

由图可以看出电池表面温度分布的特点: 一是电池左右两个侧面的温度比上下两个面的温度高; 二是电池表面的温度沿着有极耳的一端逐渐攀升。

所以电路设计中温度传感器应放置在锂电池组的两侧。

4.2. 硬件部分实现

利用单片机 AT89C51 控制 DS18B20 温度传感器对电池表面温度控制, 当电池表面温度高于预设温度值是系统启动电动机开始散热(电机开始工作, 散热开始), 当温度达到预设温度值时通过继电器使得电动机停止散热。预设温度和实测温度分别由 LCD1602 显示。

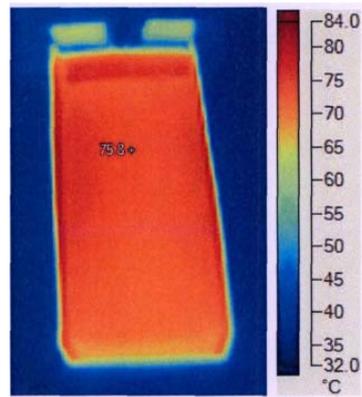


Figure 4. The image of battery thermal
图 4. 电池热成像图

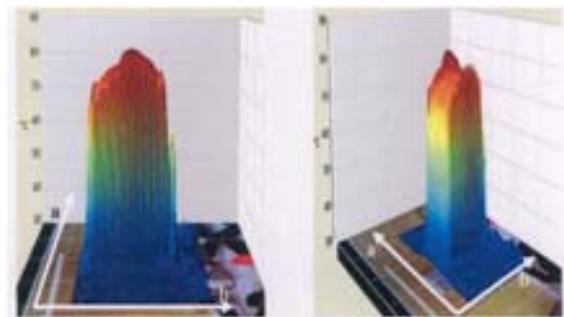


Figure 5. The 3-dimension image of battery thermal
图 5. 电池热成像 3D 图

系统由单片机 AT89S52 最小系统, LCD 显示电路, 环境温度检测电路, 键盘输入电路, 声光报警电路, 继电器控制电路, 电源电路及其他辅助电路部分组成, 系统框图如图 6 温控系统框图所示。该系统以单片机为核心, 可完成温度显示、温度设定、电机控制及超温报警等多种功能。

4.3. 软件部分设计

本系统采用单片机的 C 语言编程编写程序, 系统软件设计流程图如图 7 所示软件程序流程。

4.4. 结果显示与验证

开启仿真, 现实时间和测试空间的温度。按左边一排四个按钮中的第一个, 选择到温度设定。第二键为温度加, 第三键为温度减。如图 8 所示。空间温度高于设定温度则电动机工作。当空间温度低于设定温度, 则电动机停止工作。

实际仿真过程中, 通过调节 DS18B20 芯片上的数值, 模拟出实际环境温度, 并显示在液晶屏的 SA 状态下。例如, 设计现在环境温度为 45℃。之后调节设定温度, 例如调节设定使得环境温度控制在 35℃以内, 并将设定温度显示在液晶屏的 SET 状态之下。此时, 表示环境温度高于了设定温度, 则导致由继电器所控制的 220 V 发动机工作, 以实现降温功能。随后, 调节 DS18B20 芯片上的数值, 模拟环境温度下降直至 35℃以下。此时, 发动机停止工作。从而从实际上

实现了整个电池系统空间的温度调节。调节过程线图如图 9 所示。

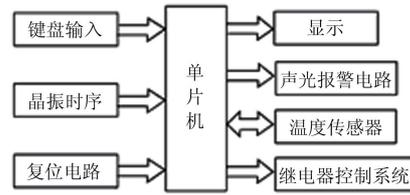


Figure 6. Diagram of the temperature control system C Software designing
图 6. 温控系统框图

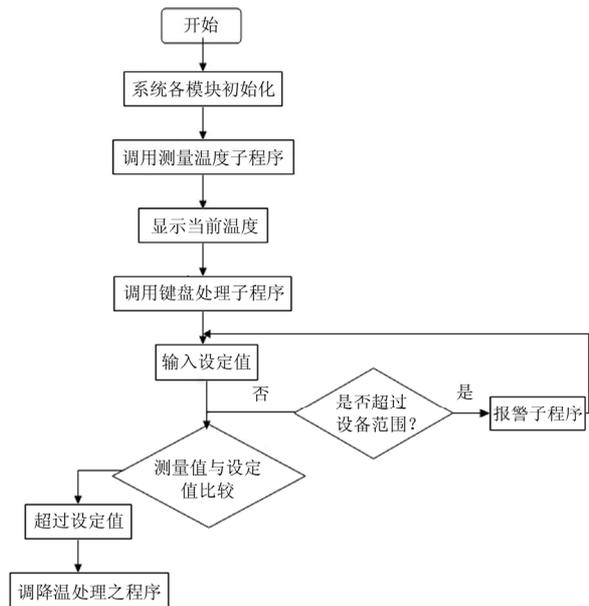


Figure 7. Software flowing chart
图 7. 软件程序流程

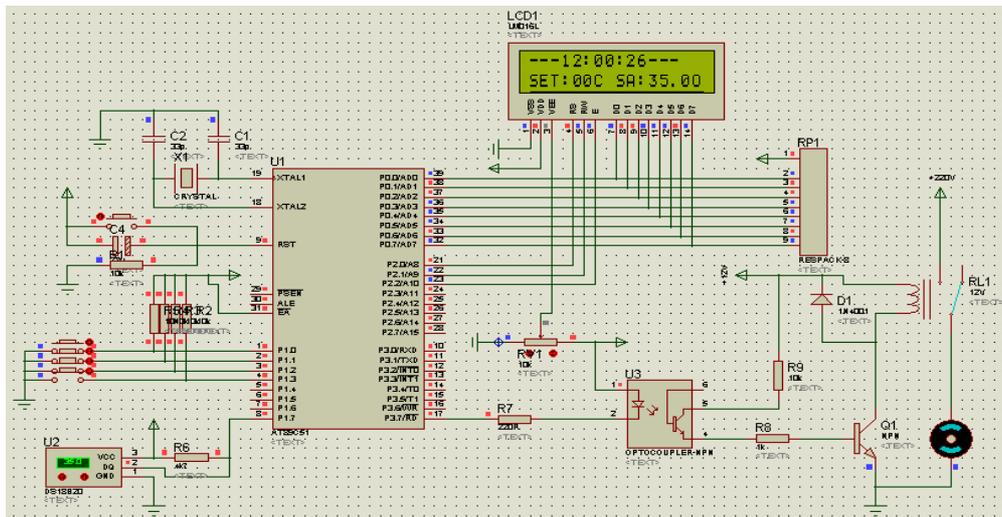


Figure 8. The diagram of simulation circuit
图 8. 输出仿真试验电路

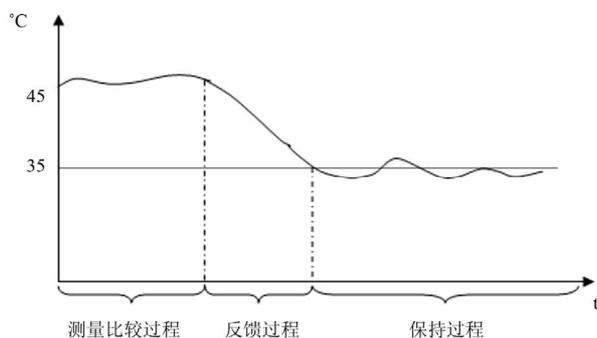


Figure 9. Result line of temperature feedback
图 9. 温度反馈调节

5. 总结与展望

5.1. 总结

本论文对发明问题解决理论 TRIZ 进行了深入的分析和研究，并以此为指导设计了新能源汽车动力系统控温反馈系统。主要工作和研究成果主要有以下几个方面：

- 1) 研究了发明问题解决理论 TRIZ 相关内容和方法，分析了其关于产品分级、技术进化理论等基本理论，并对其中解决设计矛盾的矛盾矩阵进行了细致思考。这也是指导硬件设计的重要理论支持。
- 2) 通过对物理矛盾和技术矛盾的解决发现，所提

供的原理在本质上是相同的，从而可以说技术矛盾在本质上其实是物理矛盾。发现了物理矛盾，并且解决了物理矛盾那么技术矛盾也就随之解决了。

3) 根据原理提示，利用最简单的 51 单片机和 DS18B20 温度传感器所组合成的反馈电路，实现了汽车电池系统的随时降温。以减少了由于温度过高而导致的电池系统不稳定的因素。

5.2. 展望

对新能源汽车的电池系统控制主要包括对电压，电流，温度，和电池残余的控制。在今后的继续研究中可以在温度控制的基础上加入其它参数的控制。此外，可以利用物联网技术给每块车载电池配上标签，这样就可以全程监控电池的使用状况了。而这样的车载电池系统将会更加完善。

参考文献 (References)

- [1] 赵敏, 史晓凌, 段海波. TRIZ 入门及实践[M]. 北京: 科学出版社, 2009.
- [2] 郭永兴. 锂离子动力电池制造关键技术基础及安全性研究[D]. 中南大学, 2010.