

《助推计划》高校转化项目登记表

日期： 2014-3-25

编号：DZ1403HL

项目名称	JSQX2-126 型电磁式电压互感器小型化关键技术研究及产业化	所属领域	<input type="checkbox"/> 先进重大装备 <input type="checkbox"/> 新材料 <input type="checkbox"/> 新能源 <input type="checkbox"/> 生物医药 <input checked="" type="checkbox"/> 电子信息制造 <input type="checkbox"/> 新能源汽车 <input type="checkbox"/> 海洋工程装备 <input type="checkbox"/> 软件和信息服务 <input type="checkbox"/> 民用航空制造 <input type="checkbox"/> 其它
院校名称	华东理工大学 (盖章)		
项目成熟度	<input type="checkbox"/> 已实现产业化，产品供不应求 <input checked="" type="checkbox"/> 已实现小批量生产，产品有市场需求 <input type="checkbox"/> 已通过中试鉴定 <input type="checkbox"/> 处在中试阶段		
技术水平	<input type="checkbox"/> 国际领先 <input checked="" type="checkbox"/> 国际先进 <input type="checkbox"/> 国内先进 <input type="checkbox"/> 一般水平		
推广范围	<input type="checkbox"/> 国际推广 <input checked="" type="checkbox"/> 国内推广 <input type="checkbox"/> 区域推广 <input type="checkbox"/> 特定地区推广		
知识产权状态	<input type="checkbox"/> 授权国外有效发明专利 <input checked="" type="checkbox"/> 授权国内有效发明专利 <input type="checkbox"/> 国内有效实用新型专利 <input type="checkbox"/> 其它知识产权		
项目获奖情况	获上海市科技进步二等奖	各类基金 资助情况	国家自然科学基金
是否具有以下资料	<input checked="" type="checkbox"/> 项目可行性报告 <input checked="" type="checkbox"/> 查新报告 <input type="checkbox"/> 鉴定证书 <input type="checkbox"/> 检测报告 <input type="checkbox"/> 认定证书 <input type="checkbox"/> 用户意见 <input type="checkbox"/> 实物样品		
课题组简介：（概述研发优势和成功案例等。） 华东理工大学在嵌入式机电产品、电磁式电压互感器等方面拥有一支优秀的科研团队，项目组成员包括教授 7 人（其中博士生导师 4 人），副教授 11 人，博士研究生 12 人。项目组成员总体学历层次高、科研水平高、科研成果丰硕，相当比例的教师有国外留学或进修经历。课题组成员曾承担国家 973 计划、国家 863 计划、国家自然科学基金、省部级攻关计划、人才计划等资助项目以及企业、公司、工厂等单位的协作课题，与欧美多所高校的相关院系保持着良好的科研合作和交流联系，在通讯电子、嵌入式控制、物联网、机电测控系统、本体论及知识系统、软件开发方法等领域形成了自己的研究特色，近年来获得国家和省部级教学和科研成果奖励 20 多项。在与宏之都合作方面，利用嵌入式控制器（51 系列、AVR 系列、PIC 系列、ARM 系列、DSP 系列、PowerPC 系列、BlackFIN、Freescale）等处理器、CPLD、FPGA 及 PC 机、工控机、PLC 等开发各类机电控制系统，基于 WinCE、Linux、uCOS II、VxWorks 等嵌入式操作系统，开发了 10 多种机电测控类产品。相关成果获省部级一等奖 1 项，二等奖 3 项，具有 30 多项发明专利及 10 多项软件著作权。 围绕 JSQX2-126 型电磁式电压互感器的小型化，从互感器内部铁磁部件、互感器内壁结构和互感器外壳 3 个方面开展研究。采用有限元方法对电磁场分布、电场分布进行分析，采用可靠性设计方法对外壳内应力进行分析，从而实现在保证产品性能和可靠性的前提下，互感器在设计过程中的小型化。			

本项目设计的 JSQX2-126 型电压互感器，能够从根本上消除国内电磁式电压互感器的体积大、性能差的问题。由于该项目采用合理的结构，其使用性能、体积具有国内其它互感器不可比拟的优势，能够取代国外同类产品。项目成果不仅打破国外企业在该领域中的技术垄断，打造了我国输配电设备领域中的自主品牌产品。同时，还大幅度的降低国内购买同类进口产品的成本。

项目简介：（项目背景、政策导向、应用领域和服务对象、项目进展情况、成熟程度以及项目预计产业化周期、项目鉴定或产品检测报告的结论性表述。如是生物医药项目，写明是否具有临床批文和药证等文件。）

项目背景：

电力工业在国民经济中占有很重要的位置，在电力系统中，互感器是输电线路中不可缺少的重要设备，它的作用就是将输电线路上的高电压或大电流按一定的比例变换成可以用仪表直接测量的标准数值，以便于用仪表直接进行测量；另外还可以作为各种继电保护的电源。

现代技术的飞速发展和很多新材料的不断应用，电器制造业相应的加大了生产和投资的规模，得到了空前的发展。美国、德国等工业发达国家的许多互感器制造公司均投入了大量的资金和众多科研人员研制具有各自特点的互感器产品。对电磁式互感器的性能提出了越来越高的要求，各国虽然在不断的采取措施进行电磁式互感器系统上的改进，然而由于电磁式互感器的工作特点，其小型化技术的研究具有很大的难度。互感器小型化的研究不仅可以使产品的应用更为便捷，还能够提升产品的可靠性，因而是行业内研究的热点课题。

我国 50、60 年代电力工业的发展，互感器的科研和生产才迅速发展起来。与国外相比，国内互感器的研制和生产起步较晚。几十年来，我国电磁式互感器产品取得了很大进展，其中大致可以分为 SF6 气体绝缘互感器、油浸式互感器和浇铸树脂干式互感器三类，目前，国内可以生产互感器的范围为 3-500KV，国内产品借鉴国外同类产品性能，具有性能齐全、价格较低等特点。但是，我国基础工业落后，从而使我国电磁式互感器产品的性能与发达国家相比仍存在一定差距。

随着我国的产业发展，对电力的需求量越来越大，导致电网电压等级的不断提高，电力传输容量的不断增长以及保护要求的不断完善。而传统的电磁式互感器仍存在体积庞大的缺点，为了满足电力系统的发展需要，因此产品的改进与新产品的的设计极为迫切，而小型化技术的研究就成为了其中的关键。

政策导向：

随着国内电力行业的蓬勃发展，电力设备均在不同程度上出现了供不应求的现象，作为被国内外电力用户所青睐，国内外输配电行业开关设备中最尖端和最具竞争力的气体绝缘组合开关设备(简称 GIS)，配套用的电气元件-电磁式电压互感器，其供求矛盾尤为突出。

目前国内生产 GIS 专用电磁式电压互感器的主流厂家如 MWB、ABB、雷兹、思源、大连一互等，其

电磁式电压互感器的综合产能远远跟不上当前市场日益膨胀的需求，许多电力项目的设备交货期延期在半年以上。当前，许多用户在不得已的情况下，选择价格高出国产设备 140%-200%的合资设备。

国内电气企业若能结合起来，顺应国家电网公司鼓励输配电设备，发展国产化的政策导向，不仅可以打破国内现有的供求不平衡，使我国输配电设备行业持续健康发展，还可以在价格优势上，抢占国外输配电设备部分市场。

本项目产品严格按照国家标准和国外先进标准进行产品设计、制造。产品质量指标均符合 GB1207-2006 和 IEC60044-2 2003 标准规定值，具有创新的开放式、不闭合电磁式电压互感器的“U 字形”铁心结构设计，克服传统传统闭合铁心的电磁式电压互感器在高压网中遭受的铁磁谐振，减少对高压电网的污染。新颖的电磁式电压互感器铁心及其制作方法，提高搭建效率，降低对硅钢片的平面造成损伤，消除因增加的气隙使磁路产生畸变，也降低了铁心空载电流和空载误差。自创的故障检修无拆卸式电压互感器转轴，无需拆开互感器并回收 SF6 气，有效减小检测工序。独特的并联式三相共体互感器结构设计及自创的电压互感器专用绕线圈机，有效减少材料耗费，降低了成本，系统稳定性良好，提升了产品竞争力。此项目技术指标已达到国外先进水平。

应用领域与服务对象：

本项目的产品针对特定的客户群体，因此，产品的生产采用了根据订单进行量产。由于产品的要求根据客户制定，因此，国内市场没有完全相同的产品，只有类似产品，而且类似的产品性能与我公司产品相比有很大差距。

本项目产品在国内还没有相同技术的产品，无可比性。国外的同类产品则无手动装置，此外，SF6 气体的额定压力，年漏气率和气体含水量（在额定气压下 20° C）均比本项目产品差。因此，该项目具有新颖性和良好的市场应用价值，属国内领先，国际先进水平。可见，本产品拥有明显的技术先进性及实用性，更加符合用户的需求。因此，国内市场潜在容量大，生产企业少，未来 2 年内产品的市场占有率有望达到 15%以上。项目实施完成后，本项目产品的年生产能力为 400 台。

项目的主要内容及进展情况：

1、电磁式电压互感器的铁磁部件小型化

将有限元技术应用到电压互感器的电磁场分析中，在电压互感器初步设计结构尺寸基础上，运用有限元分析软件的电磁分析功能对 JDQX2-126 型电压互感器电磁场进行数值仿真计算，其步骤包括：

（1）建立模型结构

电压互感器的电磁机构为轴对称体结构，其截面上产生的电磁场是对称的，只计算截面的一半区域即可。

（2）定义材料特性

电压互感器内部所用材料特性如：空气的相对磁导率、铁心的相对磁导率、线圈的相对磁导率、线

圈的相对电阻率等。

(3) 网格划分

采用软件对所构建的模型进行网格划分,对计算精度要求高的部分可采用在特定线上指定单元大小的方式进行对应化剖分,对于模型整体可采用自由网格划分或智能网格划分。

(4) 电磁-电路耦合

谐波分析中,电场和磁场是耦合的,需要建立电路单元,通过外部电路来给设备中的线圈施加电压载荷。

(5) 加载并求解

从边界条件的施加方面来看,除了将每个独立回路中的一个节点约束 VOLT 自由度为零外,需要在有限元模型外边施加磁力线平行边界条件来模拟真实结构,对所建模型采用波前求解器进行求解。

(6) 结构小型化设计

对参数化模型进行优化,每次循环使用所有因变量(状态变量和目标函数)的逼近。该方法是通用的方法,可以有效的处理绝大多数的工程问题。小型化过程中,每种方案只有结构不同,所加载荷和边界条件都是一致的。

采用有限元方法对电磁场分布进行仿真计算,通过分析影响互感器内部磁场分布的因素,对电磁部件结构进行优化。通过这种方法,实现磁场的分析计算,达到减小铁磁部件体积、改善产品性能、提高产品运行可靠性的目的。

2、电磁式电压互感器内壁结构的小型化

电磁式电压互感器中,导电管与高压端相连接,导电管与绝缘套管的下法兰(接地法兰)间的电场分布较复杂,且随着电压等级的升高电场分布的不均匀性变得突出,因此导电管必须要达到一定的曲率半径才能满足要求。而增设接地内屏蔽以改善电场强度分布,对于减小套管下端内径、提高套管内绝缘可靠性很重要。

导电管与接地内屏蔽之间的电场可认为是同轴圆柱体电场,而导电管直径的大小同样直接影响电场强度分布和套管下端的内径,因此导电管的管径的选取除了与成本相关外,最主要的是与电场强度分布有关。

针对上述问题,需要克服以 SF6 气体作为绝缘介质的互感器内电场分布复杂,对绝缘性能要求较高的特点。采用有限元方法分析互感器内部结构对电场的影响,对互感器接地内屏蔽的形状及尺寸进行小型化设计,达到电压互感器内壁结构小型化的目的,同时有效提高产品的绝缘性能。

3、电磁式电压互感器外壳的小型化

对于工作条件已知的电压互感器外壳小型化设计,需要考虑其可靠性问题。可靠性设计可分为两个方面:(1)给定某一寿命时的可靠度 R,设计外壳的几何参数;(2)已知外壳的几何参数,计算给定寿

命 N 时的可靠度 R 。对于这两方面的问题，均需要计算其应力分布和强度分布，再与联结方程一起，就可进行可靠性设计。一般情况下，进行第一方面的可靠性设计。外壳的应力、强度及各设计参数均可认为服从正态分布，因而在设计时将其作为正态分布变量处理。

电压互感器外壳小型化设计时，考虑风力、地震、运输过程等情况下电压互感器内产生的应力，构建电压互感器的应力分布模型。采用随机应力-强度模糊的可靠性设计方法，对电磁式电压互感器外壳、套瓷等部件进行可靠性设计，使产品在满足可靠性前提下，外壳结构显著减小。

4、构建电磁式电压互感器的多目标优化模型

优化设计是根据一定的技术要求对产品进行设计，并使设计的对象在某一方面或某几方面达到最优。考虑到能源、经济和材料资源等方面，优化设计越来越受到工程设计领域的重视。

设计变量、目标函数和约束条件是优化设计中的 3 个基本要素。项目构建以生产成本、体积为目标的电磁式电压互感器的多目标优化模型，其中生产工艺、材料等因素作为变量，误差等各种性能指标为约束。采用遗传算法对模型进行分析求解，为产品小型化设计提供优化依据，进而对产品的综合性能及成本实现有效控制。

本项目已获得 1 项授权发明专利、3 项授权实用新型专利。经中国科学院上海科技查新咨询中心，检索表明：国外产品则无手动操作装置，国外同类产品的 SF6 指标均比本项目产品差，本项目产品在国内具有新颖性。其主要技术指标与国外同类产品相似，该项目属于国内领先，达到国际先进水平。

本项目设计的 JSQX2-126 型电压互感器，能够从根本上消除国内电磁式电压互感器的体积大、性能差的问题。由于该项目采用合理的结构，其使用性能、体积具有国内其它互感器不可比拟的优势，能够取代国外同类产品。项目成果不仅打破国外企业在该领域中的技术垄断，打造了我国输配电设备领域中的自主品牌产品。同时，还大幅度的降低国内购买同类进口产品的成本。

技术特点：（项目的技术特征和优势，可与国内或国际现有技术进行比较。）

随着国内电力行业的蓬勃发展，电力设备均在不同程度上出现了供不应求的现象，作为被国内外电力用户所青睐，国内外输配电行业开关设备中最尖端和最具竞争力的气体绝缘组合开关设备（简称 GIS），配套用的电气元件-电磁式电压互感器，其供求矛盾尤为突出。

目前国内生产 GIS 专用电磁式电压互感器的主流厂家如 MWB、ABB、雷兹、思源、大连一互等，其电磁式电压互感器的综合产能远远跟不上当前市场日益膨胀的需求，许多电力项目的设备交货期延期在半年以上。当前，许多用户在不得已的情况下，选择价格高出国产设备 140%-200% 的合资设备。

国内电气企业若能结合起来，顺应国家电网公司鼓励输配电设备，发展国产化的政策导向，不仅可以打破国内现有的供求不平衡，使我国输配电设备行业持续健康发展，还可以在价格优势上，抢占国外输配电设备部分市场。

本项目产品严格按照国家标准和国外先进标准进行产品设计、制造。产品质量指标均符合 GB1207-2006 和 IEC60044-2 2003 标准规定值，具有创新的开放式、不闭合电磁式电压互感器的“U 字形”铁心结构设计，克服传统闭合铁心的电磁式电压互感器在高压网中遭受的铁磁谐振，减少对高压电网的污染。新颖的电磁式电压互感器铁心及其制作方法，提高搭建效率，降低对硅钢片的平面造成损伤，消除因增加的气隙使磁路产生畸变，也降低了铁心空载电流和空载误差。自创的故障检修无拆卸式电压互感器转轴，无需拆开互感器并回收 SF6 气，有效减小检测工序。独特的并联式三相共体互感器结构设计及自创的电压互感器专用绕线圈机，有效减少材料耗费，降低了成本，系统稳定性良好，提升了产品竞争力。此项目技术指标已达到国外先进水平。

市场前景：（市场规模、市场占有率、市场进入壁垒、市场竞争等状况。）

本项目的产品针对特定的客户群体，因此，产品的生产采用了根据订单进行量产。由于产品的要求根据客户制定，因此，国内市场没有完全相同的产品，只有类似产品，而且类似的产品性能与我公司产品相比有很大差距。

本项目产品在国内还没有相同技术的产品，无可比性。国外的同类产品则无手动装置，此外，SF6 气体的额定压力，年漏气率和气体含水量（在额定气压下 20° C）均比本项目产品差。因此，该项目具有新颖性和良好的市场应用价值，属国内领先，国际先进水平。可见，本产品拥有明显的技术先进性及实用性，更加符合用户的需求。因此，国内市场潜在容量大，生产企业少，未来 2 年内公司产品的市场占有率有望达到 15%以上。项目实施完成后，本项目产品的年生产能力为 400 台。

经济和社会性效益：

1. 该项目产业化最低投资金额，包括研发投资，生产资料投资，流动资金等；
2. 对环保和能源要求，土地或厂房面积要求，所需职工人数；
3. 根据最低投资，预期投产后三年内能达到的年产值、年销售值、年利润；
4. 投资回收期限（年）。

该项目最低投资金额为 100 万元人民币，分三年投资。

项目投入后第一年的经济指标，可以增加企业销售收入 1500 万元，新增利润 100 万元，新缴税收 90 万元；项目执行第二年的经济指标，可以增加企业销售收入 1800 万元，新增利润 120 万元，新缴税收 110 万元；项目执行第三年的经济指标，可以增加企业销售收入 2000 万元，新增利润 130 万元，新缴税收 130 万元。

投资回收期限为三年。

合作要求：1. 合作方式、对合作方及合作价格的要求。
可采取共同投资开发，合作方应一次性投入 100 万研发费。

注：请另行提供项目照片 1-2 张并标注说明，用于项目推介，像素一般在 1M 以上。

上表所填资料必须真实、完整、合法。

上海市教育委员会科技发展中心联系人：陈松华 电话及传真：021-56627218

邮箱：zhaoshang06@163.com 网址：<http://www.shesd.com.cn>

地址：上海市闸北区宝山路 251 号（甲）508 室 邮编：200071