**提醒：本申请书模板仅供前期准备参考，具体以系统为准。除申请书正文部分由系统上传，其他项目信息须在系统填写。**

|  |  |
| --- | --- |
| 顺序号 |  |
| 项目类别 | 面上项目 |

**广东省基础与应用基础研究基金**

**海上风电联合基金项目（面上项目）**

**申 请 书**

|  |  |
| --- | --- |
| 业务类别： | 海上风电联合基金—面上项目 |
| 项目名称： |  |
| 申请人姓名： | 齐昕 |
| 依托单位： | 北京科技大学顺德研究生院 |
| 邮政编码： | 528399 |
| 通讯地址： | 广东省佛山市顺德区大良致慧路2号北京科技大学顺德研究生院 |
| 申请人电话： | 13146606578 |
| 申请人电子邮箱： | ixin2006@ieee.org |
| 单位联系人： |  |
| 单位电话： |  |
| 申请日期： |  |

广东省基础与应用基础研究基金委员会

二〇二二年制

# **基本信息**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 研究项目情况 | 名称 | |  | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 类别 | | 海上风电联合基金—面上项目 | | | | | | | | 研究类型 | 基础研究/应用基础研究 | | | | | | | |
| 申报学科 | | 名称1 | | | （无须填写，系统上选择即可） | | | | | 代码1 | （无须填写，系统上选择即可） | | | | | | | |
| 名称2 | | | （无须填写，系统上选择即可） | | | | | 代码2 | （无须填写，系统上选择即可） | | | | | | | |
| 申报方向 | | 申报代码 | | | （无须填写，系统上选择即可） | | | | | | | | | | | | | |
| 申请金额（万元） | | | | |  | | | | | 研究期限 |  | | | | | | | |
| 所用实验室 | | 实验室全称 | | |  | | | | | | | | | | | | | |
| 实验室类别 | | |  | | | | | | | | | | | | | |
| 申请者情况 | 姓名 | | 齐昕 | | | 性别 | | 男 | | | 证件号码 | | |  | | 民族 | |  | | |
| 职称 | |  | | | 学位 | |  | | | 最终学位授予国 | | | | |  | | | |
| 所在单位 | | 全称 | | |  | | | | | | | | | | | | | |
| 学院（所） | | |  | | | | | | | | | | | | | |
| 项目组情况 | 主要成员（不包括申请者） | 姓名 | | 证件号码 | | | | | 职称 | | 所在单位全称 | | | | | | 项目中的分工 | | |
|  | |  | | | | |  | |  | | | | | |  | | |
|  | |  | | | | |  | |  | | | | | |  | | |
|  | |  | | | | |  | |  | | | | | |  | | |
|  | |  | | | | |  | |  | | | | | |  | | |
|  | |  | | | | |  | |  | | | | | |  | | |
|  | |  | | | | |  | |  | | | | | |  | | |
|  | |  | | | | |  | |  | | | | | |  | | |
| 总人数 | | 按职称统计 | | | | | | | 按学位统计 | | | | | | | | |
|  | | 高级 | 中级 | | 初级 | | | 其他 | 博士 | | 硕士 | | 学士 | | | | 其他 |
|  |  | |  | | |  |  | |  | |  | | | |  |
| 在读研究生（含博士、硕士）人数 | | | | | | | 研究单位数统计（含牵头单位） | | | | | | | | |
|  | | | | | | |  | | | | | | | | |

# 

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 研究内容和意义 | 摘要（限400字） |  |
| 主要研究内容和要达到的目  标（限1000字） |  |
| 主题词 |  |

二、项目计划进度

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 开始日期 | 结束日期 | 主要工作内容（限500字） |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

三、经费申请表

|  |  |
| --- | --- |
| **1.省基金委经费下达总额（单位：万元）** |  |
| **2.省基金委经费年度下达计划** |  |
| **年度** | **2022年** |
| **经费（万元）** |  |

温馨提示：

根据《广东省科学技术厅 广东省财政厅关于深入推进省基础与应用基础研究基金项目经费使用“负面清单+包干制”改革试点工作的通知》（粤科规范字[2022]2号），2022年度及以后立项资助的全部省基金项目（包括省自然科学基金、省市联合基金、省企联合基金项目等）均适用“负面清单+包干制”。项目提交申请书和任务书时无需编制明细费用科目预算。

四、项目预期获得的研究成果及形式

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 论文及专著情况 | 国家统计源刊物以上刊物发表论文（篇） | |  | | 科技报告（篇） | |  | |
| 其中，被SCI/EI/ISTP收录论文数（篇） | |  | | 培养人才（人） | |  | |
| 专著（册） | |  | | 引进人才（人） | |  | |
| 专利情况(项) | 发明专利 | | 实用新型专利 | | 外观设计专利 | | 国外专利 | |
| 申请 | 授权 | 申请 | 授权 | 申请 | 授权 | 申请 | 授权 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| 其他 |  | | | | | | | |

五、前期研究基础

1．论文收录与被引用情况统计表

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 论文收录情况（单位：篇） | | | | | | 全部论文在近5年内在 SCI被引用情况 | |
|  | CSCD | CSTPCD | 《SCI光盘版》 | 《SCI网络版》 | 《EI》 | 他人引用次数(次) | 单篇被引用最高次数(次) |
| 第一作者论文 |  |  |  |  |  |  |  |
| 非第一作者论文 |  |  |  |  |  |  |  |
| 通讯作者论文 |  |  |  |  |  |  |  |

2.申请人主持省部级及以上科技计划（专项、基金等）项目的经历（非必填）

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 立项年份 | 项目名称 | 立项部门 | 项目负责人 | 项目研究情况简介 |
|  |  |  |  |  |  |

3.申报内容相关研究基础曾获其他科研项目资助的经历（非必填）

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 立项年份 | 项目名称 | 立项部门 | 项目负责人 | 是否结题 | 项目研究情况简介 |
|  |  |  |  |  |  |  |

六 、合作研究单位工作分工及财政经费分配

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 单位名称 | 工作分工 | 财政经费分配（万元） |
| 1 |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  | 合计 |  |

七 、附件清单

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 附件名称 | 附件类型 | 附件说明 |
|  |  |  |  |

**广东省基础与应用基础研究基金**

**海上风电联合基金——面上项目报告正文模板**

**参照以下提纲撰写，**要求内容翔实、清晰，层次分明，标题突出*。*

*（请在开头阐明申请本联合基金中相应的研究方向名称，如申请海上风电联合基金“专题一：.....”面上项目,研究方向为“.............”。以便评审专家清楚了解申请人所针对的研究题目和内容。）*

宽频振荡抑制方法、在线实时调整、低开关频率、预测控制、谐波提取

1. **立论依据**

本专题的科学目标： 针对大容量海上风电并网、 综合消纳以及系统安全运行问题， 研究基于新型拓扑结构的轻型海上风电换流技术、 多元化综合消纳技术及系统状态评价与智能运维技术，为大规模海上风电系统安全运行提供技术支撑。

指南方向：海上风电直流送出宽频振荡及抑制技术

1. **研究意义**（**围绕指南方向**，对基础研究，着重结合国际科学发展趋势，论述项目的科学意义；对应用基础研究，着重结合学科前沿、围绕国民经济和社会发展中的重要科学问题，论述其应用前景）。

**学科前沿：预测控制；科学问题，宽频振荡、能量迁移机制**

近年来，新能源发电主要以电力电子变换器作为接口接入到电网，随着并网变换器接入到电网的数量急剧增加，变换器与电网之间的“器-网”交互耦合作用以及变换器与变换器之间的交互耦合作用越来越复杂。同时，与传统旋转发电机不同，新能源机组多采用电力电子变流器接入电网，变流器与电网相互作用，可能引发谐振或振荡问题，造成机组跳闸乃至设备损坏，危及电网的安全稳定运行【1-2】。

2009 年 10 月，美国德州某风场的双馈风机群与串补电网间发生频率约 20Hz 的次同步谐振(sub-synchronous oscillation，SSR)事故，造成大量风机的撬杠电路损坏和脱网【3】；2012 年以来，我国张北地区也发生了多起双馈风电机组经串补并网次同步振荡事故【4】；2015 年 7 月，我国新疆哈密地区发生了永磁直驱机组并入弱交流电网次同步振荡事故，造成了哈密地区 3 台火电机组轴系扭振切机；多处新能源发电场站通过长距离输电线路接入电网引发了高频振荡问题【5-6】。这些宽频带振荡问题已经成为影响我国电力系统安全稳定运行的重要威胁之一，研究其产生机理及新型抑制技术，以解决我国新能源电力系统中现实存在的宽频带振荡问题，对新能源的消纳和电力系统的安全稳定运行具有重要的理论价值和工程意义。

[1]马宁宁,谢小荣,贺静波,王衡.高比例新能源和电力电子设备电力系统的宽频振荡研究综述[J].中国电机工程学报,2020,40(15):4720-4732.

[2] Wang L，Xie X，Jiang Q，Liu H，Li Y，Liu H．Investigation of SSR in practical DFIG-based wind farms connected to a series-compensated power system[J]．IEEE Transactions on Power Systems，2015，30(5)：2772-2779．

[3] Adams J，Pappu V A，Dixit A．ERCOT experience screening for Sub-Synchronous Control Interaction in the vicinity of series capacitor banks[C]//IEEE PES General Meeting．San Diego，CA：IEEE，2012：1-5．

[4] Liu H，Xie X，He J，Xu T，Yu Z，Wang C，Zhang C．Subsynchronous interaction between direct-drive PMSG based wind farms and weak AC networks[J]．IEEE Transactions on Power Systems，2017，32(6)：4708-4720．

[5] 李明节，于钊，许涛，贺静波，王超，谢小荣，刘纯．新能源并网系统引发

的复杂振荡问题及其对策研究[J]．电网技术，2017，41(04)：1035-1042．

[6] Chen Z，Luo A，Kuang H，Zhou L，Chen Y，Huang Yuan．Harmonic resonance characteristics of large-scale distributed power plant in wideband frequency domain[J]．Electric Power Systems Research，2017，143：53-65．

1. **国内外研究现状。**

宽频振荡研究现状：（1）机理研究现状，采用何总方法；状态空间分析法与阻抗分析法是分析新能源发电接入电网稳定性的常见方法（2）抑制方法，

1. **主要参考文献及出处**（格式：论文--作者．题目．刊名．年份．卷(期)．页码／专著--作者．书名．出版者．年份）。
2. **研究内容及方案**
3. **研究目标、研究内容和拟解决的关键问题。**

1.1 研究目标

宽频振荡的形成机制及抑制策略的研究对保障电力系统安全稳定运行具有重要意义。本课题拟提出一种具有高动态特性的低开关频率脉宽调制预测控制新方法。该方法可有效抑制指定次谐波分量，避免因宽频谐振问题而导致电力设备脱网，甚至停止运行；能将开关频率降低至600Hz以下，减小开关损耗，提高输出效率；拥有高动态特性，可实时监测电力系统的运行情况，并进行相应调整，以便应用于具有高实时性要求的风电逆变系统中。为此，将研究内容分为以下三个研究子目标：

海上风电的特点

(1)宽频振荡频点的快速定位方法（研究方法：从控制论的角度进行分析，系统有一个输入有一个输出，震荡指的是在哪里发生的震荡？什么东西震荡？是哪个物理量在震荡？在输出端震荡还是接收端震荡？长距离传输，电缆分析？定位指的是距离上的定位还是频率成分的定位？）

宽频振荡的分析xx及频点的定位方法；系统建模（机理）

宽频振荡是什么？原因？危害？解决的方法？机理。文章

(2)提出一种具有高实时性、低开关损耗、（宽频震荡抑制功效的）的三电平并网逆变器预测控制优化算法，一方面减少计算耗时，增强系统的实时性，提升系统的动态特性，另一方面还可以抑制开关频率，降低开关损耗。（每一条，宽频震荡都要揉进去）（2,3换个位置）（强调并行计算逻辑算法，不能强调硬件）

(3)提出三电平并网逆变器预测控制方法的权重系数调节策略，探索代价函数中基波、各次谐波以及开关频率之间的耦合关系，并基于该耦合关系研发宽频振荡谐振成分抑制策略（想办法挪到前面去）。（引起宽频振荡的谐振成分抑制）

1.2 研究内容（与上面三个研究子目标对应）（为了……研究，剖析……）

（1）**为了抑制宽频振荡，从源头上消除引起宽频振荡的谐波成分**，提出三电平并网逆变器指定谐波抑制预测控制方法的权重系数调节策略。基波、各次谐波以及开关频率之间存在隐性的非线性耦合关系，虽然预测控制能以简约的代价函数降低各次谐波和开关频率，然而通过改变单个权重系数调整某个被控量时，势必会影响其他被控量。（移到研究方案）为此，（利用……方法，探求……机制。能量守恒的物理学原理，能量的流动，离散数学，随机过程）需要探求（探求一点就行，别的可以放后面）能量在基波和各次谐波中迁移的物理机制；探索代价函数中基波、各次谐波以及开关频率之间的耦合关系；构建各控制要素以及权重系数之间的非线性映射数学模型，最终提出预测控制方法的权重系数调节策略。



图 1 预测控制要素以及权重系数之间的非线性映射模型（中间文字换成“预测控制方法”）

（2）为了解决传统预测控制方法计算量大，计算时耗高，实时性差的问题，（利用运筹学方法）具有高实时性的三电平并网逆变器预测控制算法优化。传统预测控制方法需要对所有可选开关状态进行轮询，计算量大，计算时耗高。为了解决上述问题，提升算法实时性，本研究首先通过逆变器电压反馈来锁定当前时刻开关状态，确立备选开关状态子集，精简轮询开关状态数目（想个理论基础，电力电子？），减少算法运算量；其次，利用各开关状态的轮询过程相互独立且不存在因果关系的特点，基于并行计算方法思想，将轮询过程由顺序计算优化为同步并行计算，进一步提高计算效率，降低运算耗时。

1.3 拟解决的关键问题

（1）宽频振荡的机理分析

XXX的建模，无典型激励信号的系统辨识

（2）预测控制权重系数多元非线性耦合数学模型的建立。如何探求能量在基波和各次谐波中迁移的物理机制；探索代价函数中基波、各次谐波以及开关频率之间的耦合关系；构建各控制要素以及权重系数之间的非线性映射数学模型，是实现权重系数最优化的基础，也是本项目拟解决的重要问题之一。（前面研究内容少写几点，放到这里）（能量的流动和迁移）（权重的调节是谐波抑制的基础，……是……的基础，）

1. **拟采取的研究方法、技术路线、实验方案及可行性分析。**

2.1 拟采取的研究方法

（1）宽频振荡机理分析

为了研究海上风电系统宽频振荡现象产生的物理机制，首先

（2）预测控制权重系数多元非线性耦合数学模型的建立（用邓邑3.2那段）

2.2 技术路线

课题将采取层级递进、单元化的方式展开研究，技术路线如图 2所示，主体研究内容和研究工作构成主研究单元，其余研究工作构成辅助研究单元。研究路线由主研究路线、全局反馈回路以及辅助研究途径、局部反馈回路构成。

**主研究路线：**

**首先**，进行海上风电并网系统模型的建立，分析系统宽频振荡的产生机制，研发快速宽频振荡点定位策略；**其次**，探求能量在基波和各次谐波中迁移的物理机制，与开关频率抑制原理相融合，研发具有指定谐波抑制特性的预测控制新方法；**最终**，基于上述研究，提出具有高动态特性的低开关频率预测控制新方法，并对此方法进行系统性实验验证。

**辅助研究途径：**

为避免因算法不成熟等因素造成海上风电并网逆变设备的损毁，本课题在进行最终的海上风电并网系统性实验验证之前，将以**虚拟仿真、数字/物理混合实时模拟实验、等效海上风电并网实验**的辅助手段，初步完成系统宽频振荡的产生机制分析，以及能量在基波和各次谐波中迁移的物理机制、开关频率抑制原理及其与指定谐波抑制策略的融合等相关测试工作，并在低压等效平台上进行全局系统性初步实验验证。



图 2 课题研究技术路线

2.3 实验手段及方案

2.4 可行性分析

自控，系统辨识可行。预测控制的可行，前期基础，可以控制谐波，非线性耦合关系（调整前后的）

1. **本项目的创新之处。（将谐振这件事体现出来，如何提炼？）**

(1)~~提出基于复数形式空间电压矢量的谐波提取及分析方法~~;

(2) 提出空间复矢量预测控制方法的权重系数调节策略；（在这里面如何提炼？）

(3) 提出一种具有高实时性的空间复矢量预测控制优化算法；

1. **年度研究计划及预期研究成果。**

本课题拟用4年时间完成，**每年各个季度**的时间安排如下：

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 第一年 | | | | 第二年 | | | | 第三年 | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 |
|  | **√** | **√** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  | **√** | **√** | **√** |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  | **√** | **√** | **√** |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  | **√** | **√** |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  | **√** | **√** | **√** |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  | **√** | **√** |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | **√** | **√** | **√** |
| 研究成果总结  结题报告撰写 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

1. **研究条件与基础**
2. **已取得的研究工作成绩及与本项目有关的研究工作积累**（请着重填写申请人近期的主要工作业绩以及与本项目相关的研究工作积累）。

写pacas

1. **已具备的实验条件，尚缺少的实验条件和拟解决的途径**。

能不能写上明阳的合作，借明阳的实验条件

前期合作基础

签字和盖章页(此页自动生成,打印后签字盖章)

申 请 人： 依托单位：

项目名称：

资助类别： 海上风电联合基金-面上项目

申请人承诺：

我保证上述填报内容的真实性。如果获得资助，我与本项目组成员将严格遵守广东省基础与应用基础研究基金委员会的有关规定，依法依规合理安排使用项目经费，切实保证研究工作时间，按计划认真开展研究工作，按时报送有关材料。若填报失实和违反规定，本人将承担全部责任。

签字：

项目组主要成员承诺：

我保证有关申报内容的真实性。如果获得资助，我将严格遵守广东省基础与应用基础研究基金委员会的有关规定，切实保证研究工作时间，加强合作、信息资源共享，依法依规合理安排使用项目经费，认真开展工作，及时向项目负责人报送有关材料。若个人信息失实、执行项目中违反规定，本人将承担相关责任。

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 编号 | 姓名 | 工作单位名称 | 项目分工 | 每年工作时间  （月） | 签字 |
|  |  |  |  |  |  |

依托单位及合作研究单位承诺：

已按申报要求对申请人的资格和申请书内容进行了审核。申请项目如获资助，我单位保证对研究计划实施所需要的人力、物力和工作时间等条件给予保障，严格遵守广东省基础与应用基础研究基金委员会有关规定，督促项目负责人和项目组成员以及本单位项目管理部门按照广东省基础与应用基础研究基金委员会的规定及时报送有关材料。

以下为需要说明的其它问题：

依托单位公章日期：

合作研究单位公章1 日期：

合作研究单位公章2 日期：

年 月 日