

第三届高校电气电子工程创新大赛 (可研报告)

参 赛 学 校 : 仲恺农业工程学院

命 题 方 向 : ☐电源 ☐系统与装置

☐其他 ☒企业命题

作 品 赛 道 : ☐硬件 ☐软件

☒施耐德Go Green电力电子

所 属 赛 区 : 广东省

作 品 名 称 : 双向直流隔离变换器

参 赛 学 生 : 吕凯锋 丁泽侨 黄哲 江嘉豪 黎启生 张宏宇

指 导 教 师 : 陈江辉

联 系 电 话 : 13433145926

高校电气电子工程创新大赛学委会 制

二〇二三年 十月

作品名称

双向直流隔离变换器

作品简介

采用 SPS 调制的单移相 DAB 实现具有双向变换的电气隔离拓扑等特点的变换器,同时采用 PI 闭环控制开关管使输入稳定。

本科生团队认定

参赛团队成员是否全部为 2024 年 4 月 20 日前正式注册在校的全日制非成人教育、非在职的高等学校本科生。(如果非本科生团队则仅选择“否”,无需盖章)

☒ 是 ☐ 否

(本科生学籍管理部门签名盖章/学院)



参赛团队成员 (自由命题类限 5 人, 企业命题类限 6 人, 研究生均不超过三分之一)	序号	姓名	年级	学号	所在院系/专业	联系电话	邮箱	分工安排
	队长	吴凯锋	大三	202121724408	自动化	13433145926	2134438722@qq.com	绘制仿真图
	队员 2	丁泽侨	大三	202121724407	自动化	17322514604	1803995886@qq.com	参数计算
	队员 3	黄哲	大三	202121724409	自动化	15820292803	2312046423@qq.com	参数计算

	队员4	江嘉豪	大三	202121724410	自动化	13827480343	314360005@qq.com	查询资料
	队员5	黎启生	大三	202121724412	自动化	13025444263	2755470736@qq.com	检查排版
	队员6 (参加企业题填写)	张宏宇	大三	202121724429	自动化	18406656629	1379957050@qq.com	检查排版

指导教师	姓名	陈江辉	职称	副教授
	工作单位	仲恺农业工程学院	邮箱	chenjianghui@zknycxxy.onexmail.com
	电话	13600009026	通讯地址	广东省广州市白云区钟落潭镇广新路388号

一、作品研发目标:

搭建一种能够解决实际中输入电压不稳定时不能输出稳定电压问题的整流变换器,该变换器还需要具有电气隔离和双向变换的特点,同时为了减少变换器系统的损耗,还可以通过软开关的方式开通开关管。最后通过控制器对整个主电路进行实时的调控使输出电压和输出电流稳定。

二、作品研发背景：

随着电力电子技术的快速发展，直流电源系统在各种应用领域中的作用越来越重要。特别是在新能源领域，如太阳能和风能等分布式电源的并网运行，以及电动汽车、储能系统等领域，直流电源系统的需求日益增长。双向直流隔离变换器作为一种能够实现能量双向流动、电气隔离以及高效转换的电力电子装置，受到了广泛关注。它的研发对于提高电力系统的可靠性、稳定性以及能源利用效率具有重要意义。

一、双向直流隔离变换器的研发背景主要基于以下几个方面的需求：

1. 新能源并网需求：随着新能源的快速发展，如何实现新能源的并网运行、提高电网的稳定性和可靠性成为重要问题。双向直流隔离变换器能够实现新能源与电网之间的双向能量传输，为新能源并网提供了有效的解决方案。
2. 电动汽车与储能系统需求：电动汽车和储能系统的普及对直流电源系统提出了更高的要求。双向直流隔离变换器能够实现电池的快速充电和放电，提高电动汽车的续航能力和储能系统的能量利用效率。
3. 电力系统优化需求：在电力系统中，直流电源系统的优化运行对于提高电力系统的整体效率和稳定性具有重要意义。双向直流隔离变换器能够实现直流电源系统的智能化管理和控制，提高电力系统的运行效率。

二、在双向直流隔离变换器的研发方面，国内外学者和科研机构已经取得了一系列重要成果。

1. 拓扑结构研究：研究者们提出了多种不同的拓扑结构，如 DAB+BuckBoost 拓扑等，以实现大变比的直流隔离双向功率变换。这些拓扑结构在提高转换效率、减小体积和降低成本等方面取得了显著进展。
2. 控制策略研究：针对双向直流隔离变换器的控制问题，研究者们提出了多种控制策略，如 DSP 数字控制、多机并联控制等。这些控制策略在提高系统的可靠性、稳定性和响应速度方面发挥了重要作用。
3. 应用领域拓展：双向直流隔离变换器在新能源并网、电动汽车、储能系统等领域得到了广泛应用。通过实际应用验证，其性能和可靠性得到了进一步提升。

三、作品研发技术方案:

首先按照设计要求选择合适的拓扑结构,双向有源桥(以下称为 DAB)具有隔离对称的拓扑结构,同时也可以满足 1kw 的功率要求,并且可以实现 ZVS 技术。因此采用 DAB 无疑是最合适的选择。

确定大致方向后便由队长进行具体任务的规划和派发,首先由队员江嘉豪查询 DAB 拓扑以及调制方式等各方面优质学习资料供小组成员学习。其次再由队员丁泽侨和黄哲计算搭建 DAB 变换器所需的各种参数,包括变压器匝数比、漏感、以及滤波电路的电容电感参数。

随后使用 SIMULINK (R2023b) 搭建 DAB 电路,再将计算所得的参数输入至对应的元器件。随后即可搭建出开环系统下的 DAB,开环电路图见图 1。

触发信号采用 SPS 调制的方式,移相比为 0.25,并且考虑实际应用,原边触发信号预留了死区时间。各个开关管的触发信号见图 2。输出电压以及输出电流见图 3,图 4 为图 3 稳定后放大的细节,可以见到纹波较大并且略低于 400V。

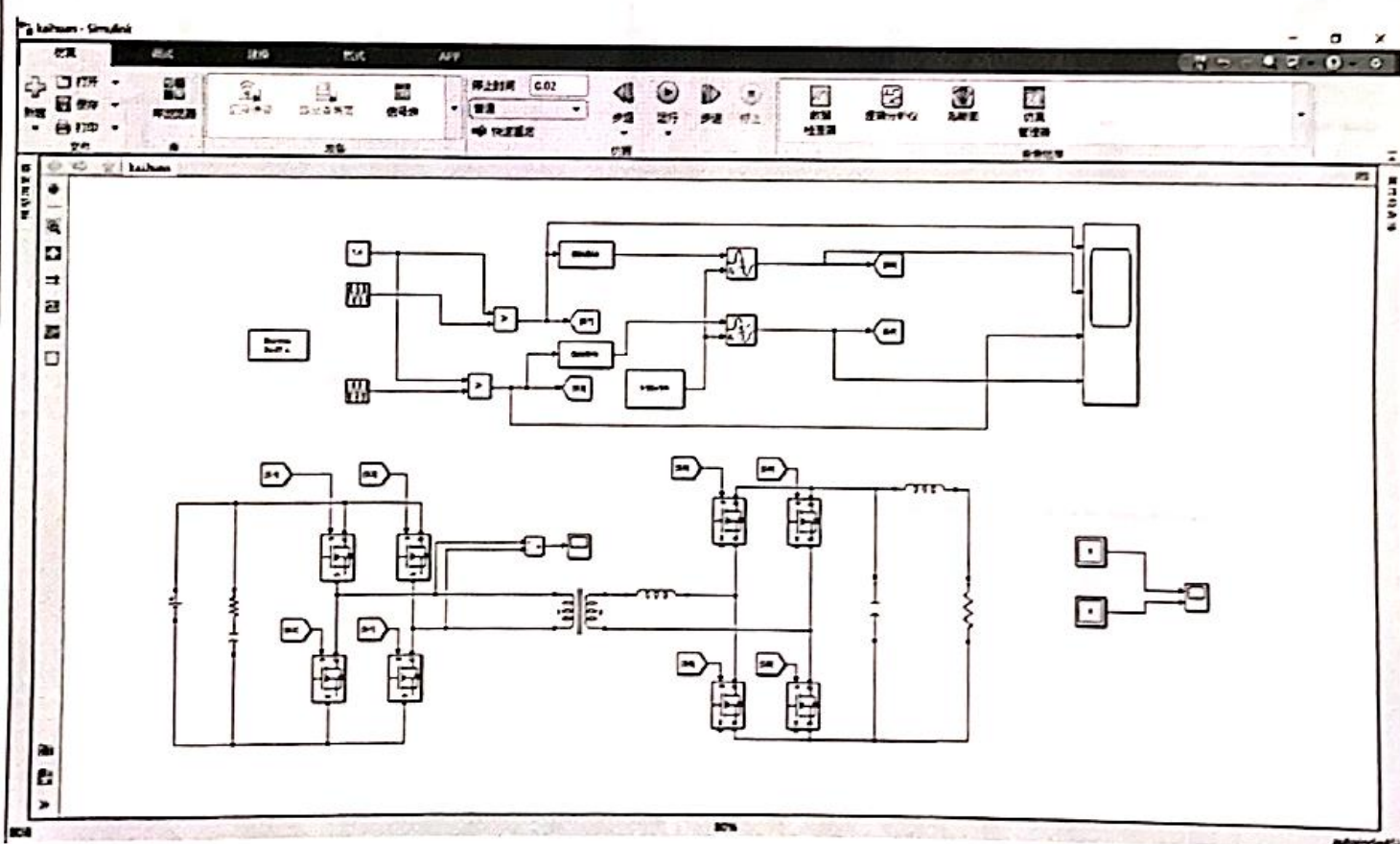


图 1

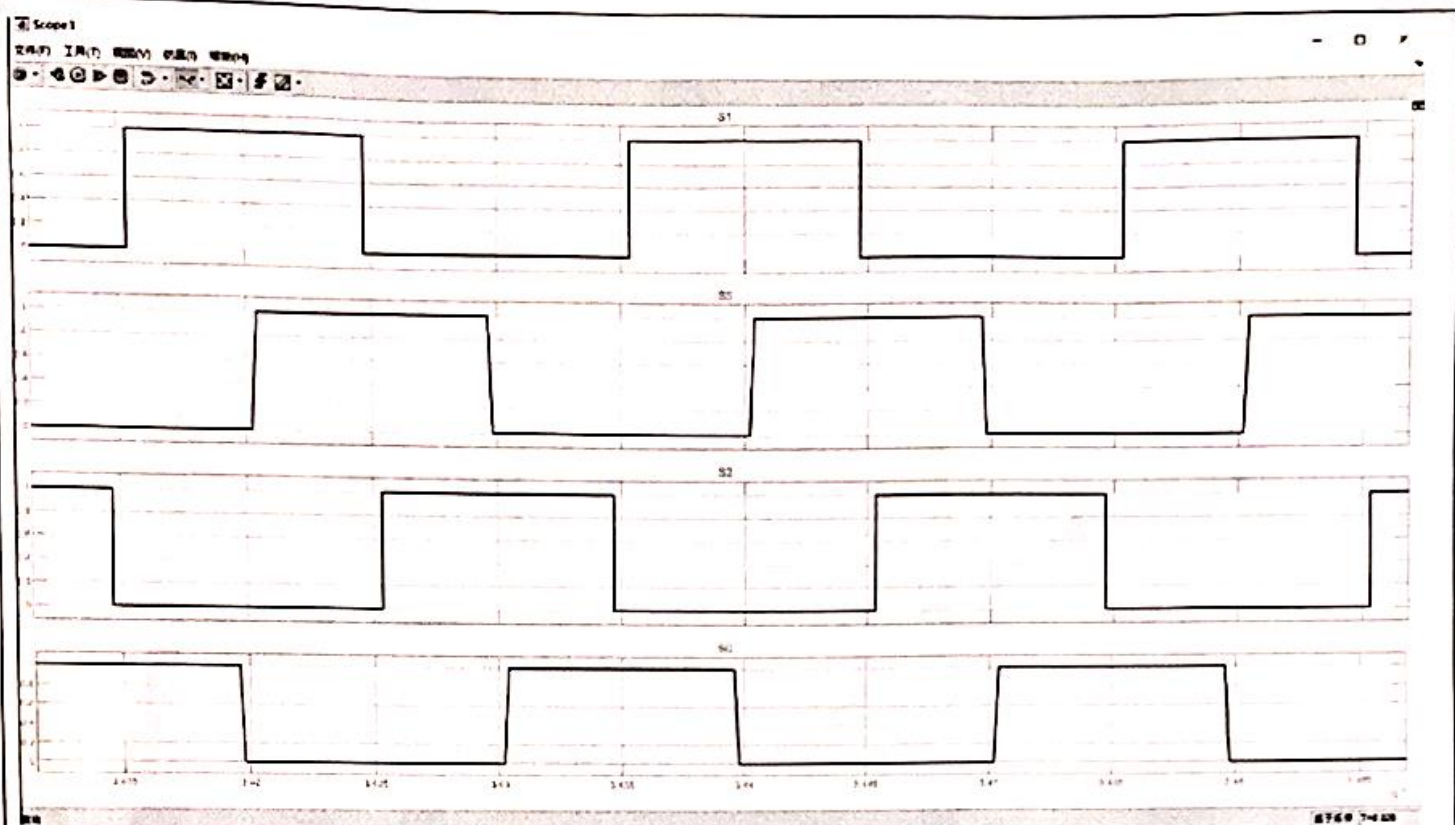


图 2

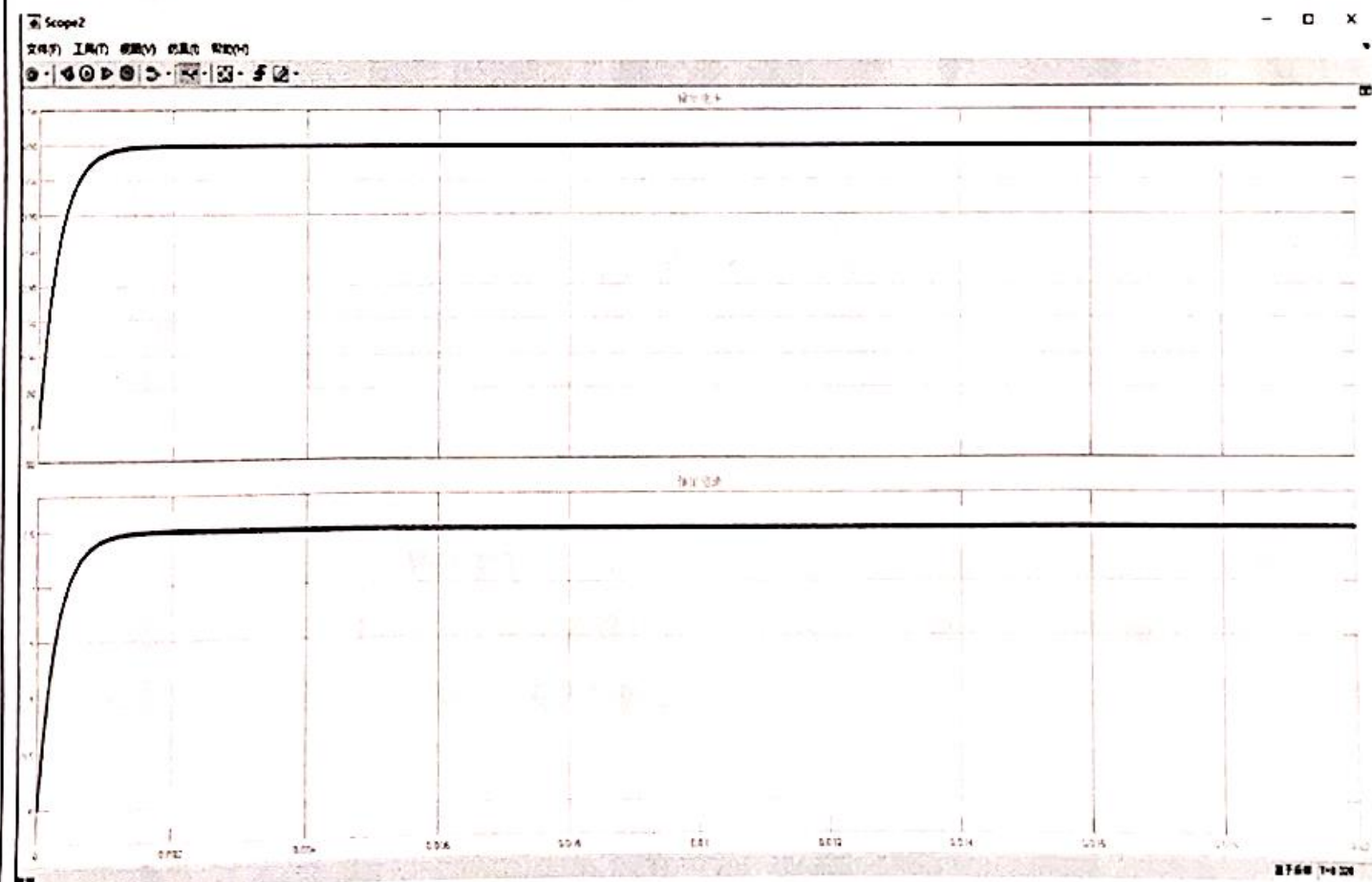


图 3

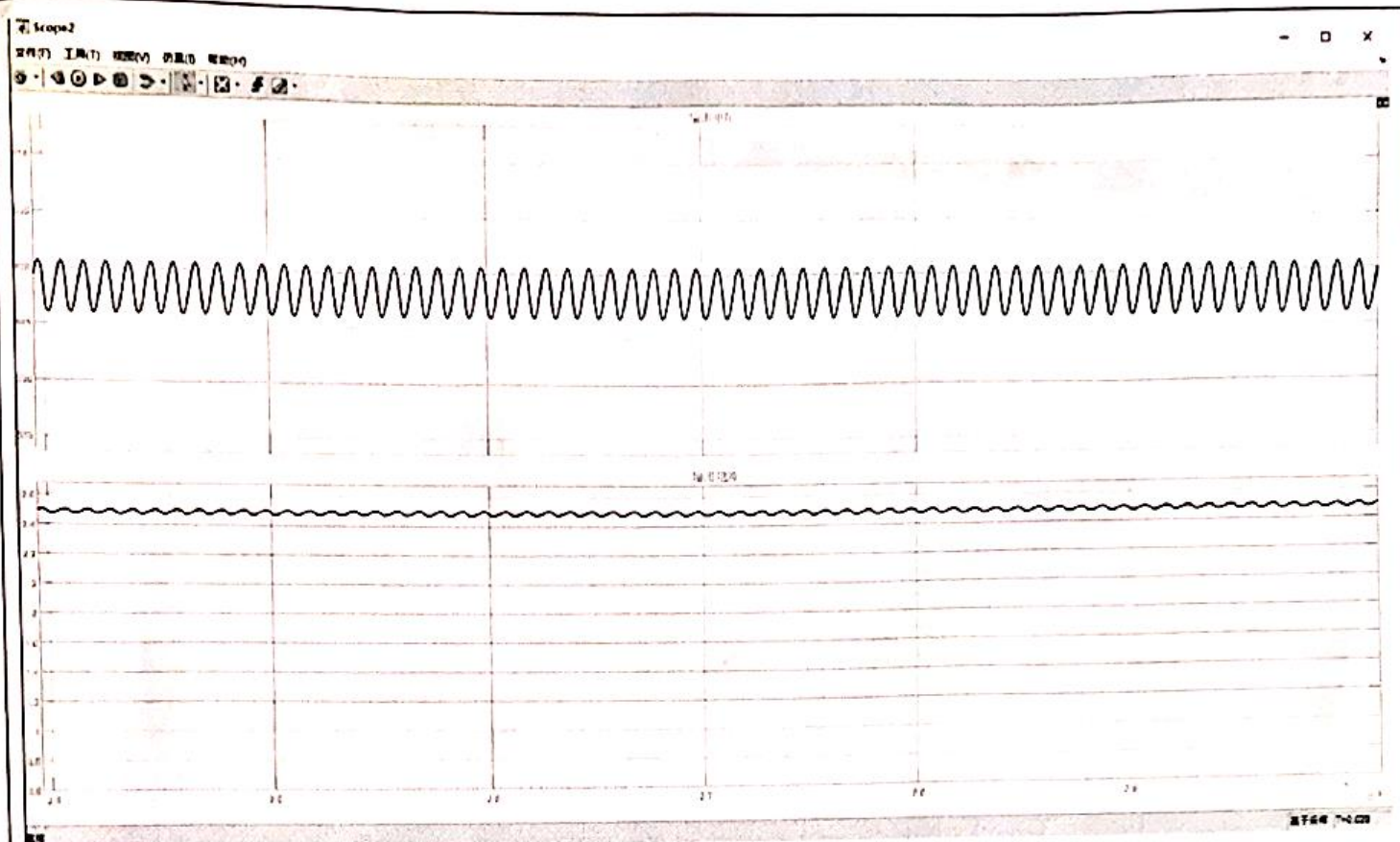


图 4

但是对于实际应用中，开环系统并不稳定，受到某些干扰时可能会导致系统失稳进而使得电路功能异常。因此可以加入 PI 控制器进行调节。加入 PI 控制器后的控制电路见图 5，闭环系统的输出电压和输出电流见图 6，图 7 为图 6 稳定后放大的细节，可以见到纹波降低了并且电压也稳定在 400V 附近。

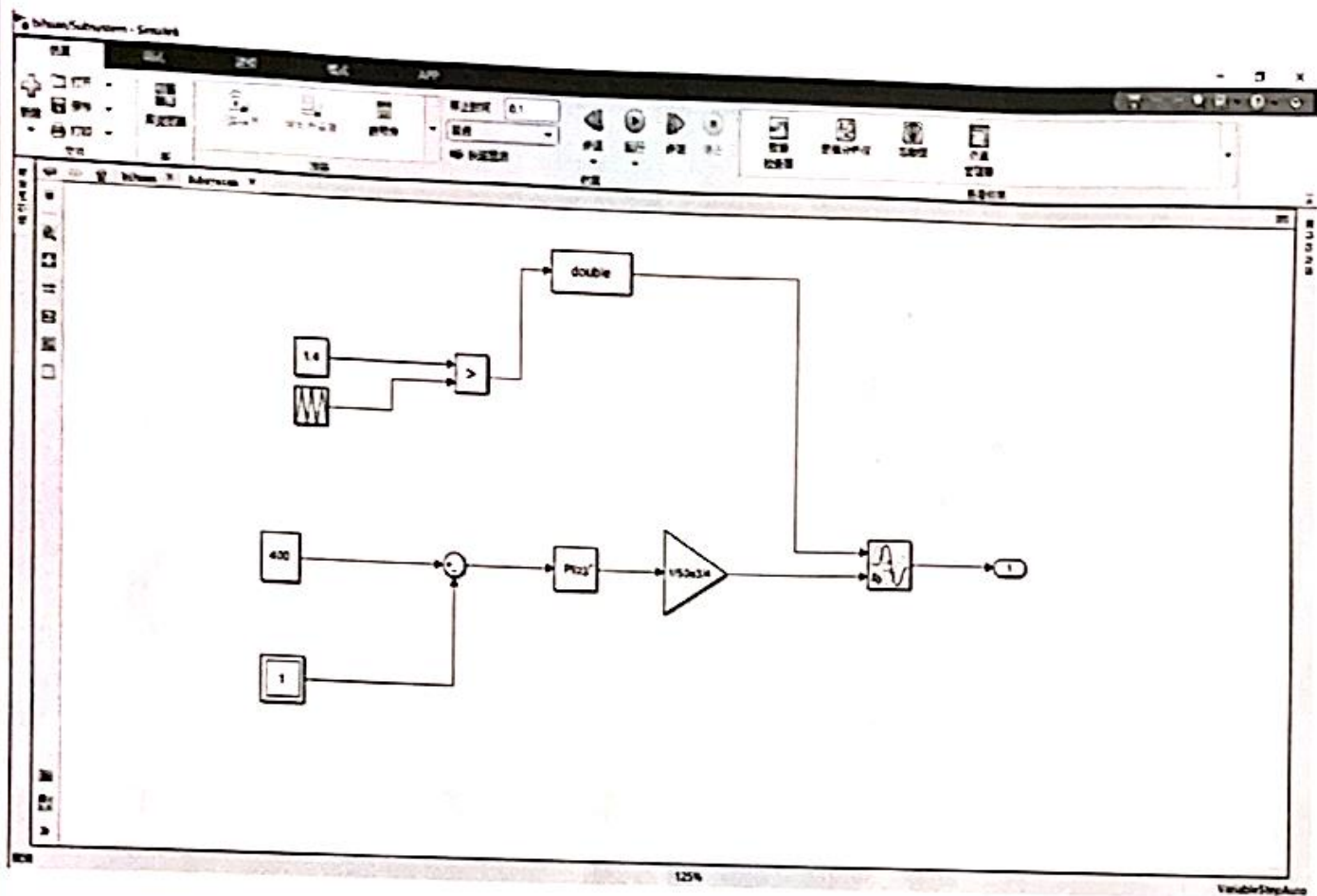


图 5

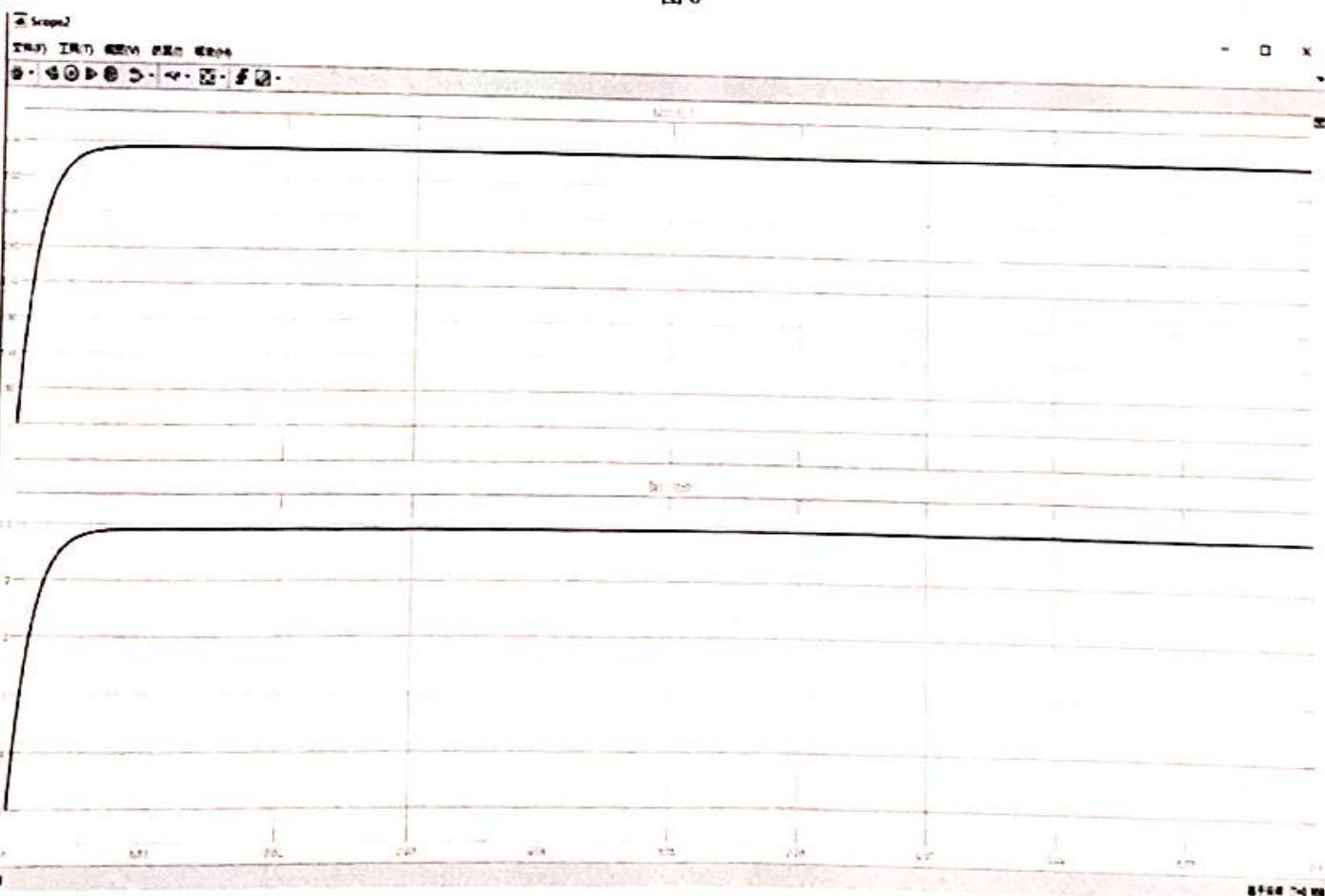


图 6

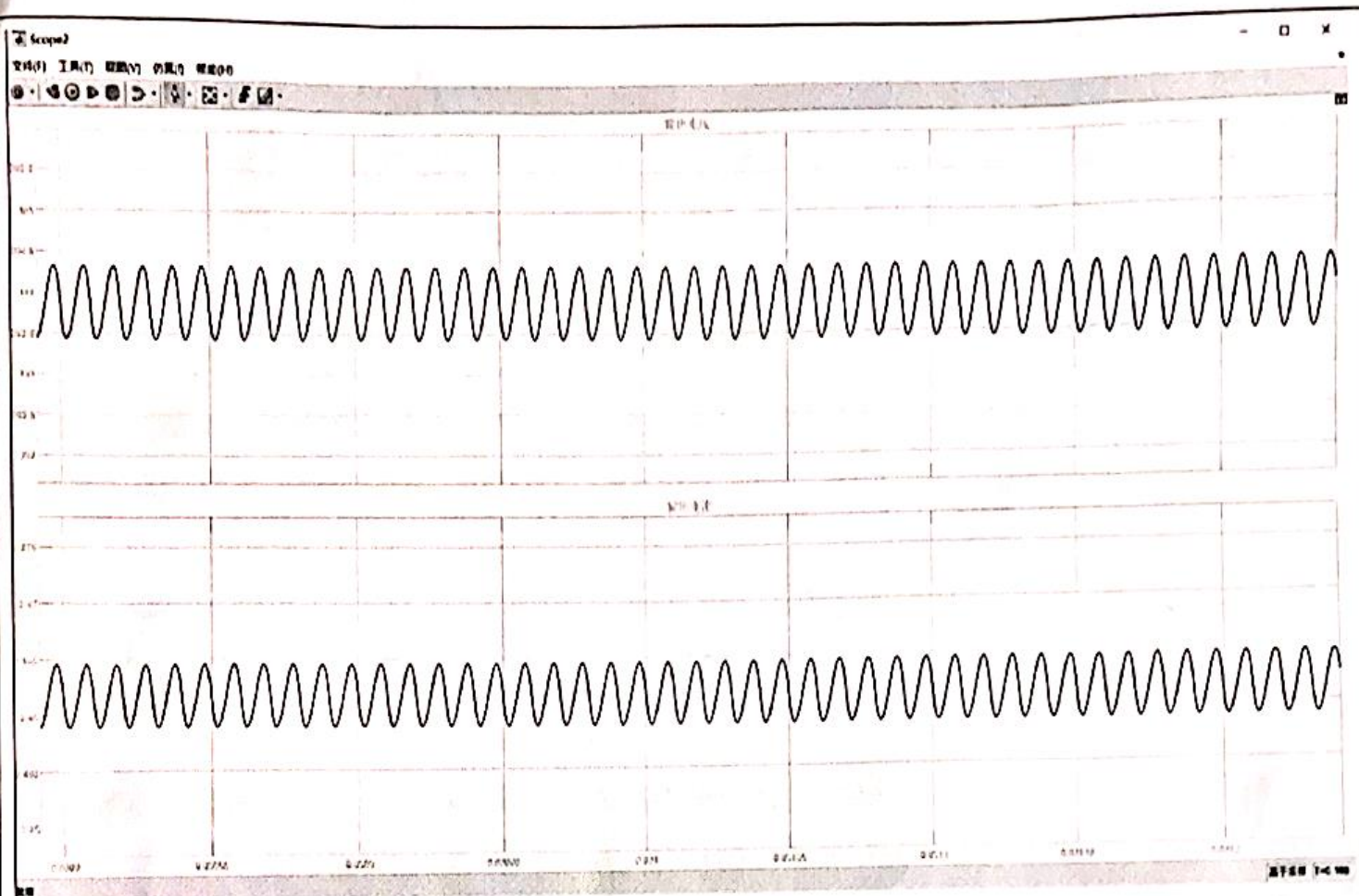


图 7

最后队员黎启生和张宏宇检查仿真结果的正确性并撰写可研报告。至此整个 DAB 的设计任务完成。

感谢:

参考文献:

- [1].栗鑫鹏.双有源桥系统分析及其 SIC 版样机的设计与试验研究[D].导师:陆帅.重庆大学,2019.
- [2].冯学玲,杜志强,田茂飞等.移相全桥 DC/DC 变换器实验装置的研制[J].电力电子技术,2023,57(07):1-4.
- [3].高东辉,袁宝山,蔡可红等.一种大功率厚膜混合集成 DC/DC 变换器设计[J].中国电子科学研究院学报,2023,18(05):429-437.

四、作品创新性特点:

由于移相控制下电感电流的特性,每个开关管导通之前其反并联二极管已经在续流,因此在开关管开通时其两端的电压 V_{DS} 已经降为零,所以通过控制可以实现 ZVS,这在 DAB 中是一个很大优势,可以有效降低开关管的损耗。同时因为输入电压具有一定的波动性,副边 mos 管的触发脉冲信号需要实时调整,因此将实际的输出电压同指标电压进行比较,同时将误差利用 PI 控制器输出对应的移相比,再与一个比例环节相乘获得对应的延迟时间,通过延时模块对相应的 mos 管进行延迟导通。

五、作品推广应用的可行性分析:

可在该作品的基础上将输入端的直流源更换为电池,在实际应用中电池的输出电压会随着时间的增加而降低,与指标中电路的输入电压波动的 36VDC~60VDC 的情况类似,并且整个主电路采用的电力电子器件较少,搭建容易。同时因为采用了电气隔离拓扑,使得整个变换器相较于非隔离型的更加稳定切不易受到干扰。并且因为整体功率较小,因此电路采用了价格较为实惠的 mos 管,在市场竞争上更有优势。

六、作品自我评价:

首先,在设计理念上,我始终坚持创新与实际应用的结合。双向直流隔离变换器不仅要求实现能量的双向流动,还需保证电气隔离,以确保系统的安全性。我们通过深入研究电源变换技术的发展,结合实际应用场景,最终决定使用一种典型的双向拓扑结构,这样既能实现能量的高效转换,又能确保电气隔离的可靠性。

在性能表现上,我们设计的双向直流隔离变换器具有较高的转换效率。通过优化电路参数,我们成功降低了功率损耗,提高了系统的整体效率。此外,该变换器还具有良好的动态响应性能,能够快速适应负载变化,保证系统的稳定性。

总而言之,我们认为我们设计的双向隔离直流电源变换器在理念、性能等方面均表现出色,具有一定的创新性和实用性。

七、指导老师推荐意见:

本作品按照要求采用了双向变换与电气隔离的拓扑结构设计直流变换器,并对该拓扑结构进行了数学仿真,通过优化控制器参数与滤波网络获得了直流变换器良好的静态与动态性能;作品的研究内容并非本科知识的简单延续和加深,而是要求学生在学习完电力电子技术课程后,综合利用控制理论和其他专业知识,结合数值仿真,并掌握一定计算机编程才可以完成;因此本作品是学生综合利用计算机,数值计算仿真解决专业实际问题的极好锻炼。综上,同意推荐!

签字: 陈江辉

2024年3月15日

八、作品真实性及原创性声明:

郑重声明:所呈交的作品是由参赛团队完成的原创性成果。除了报告中特别加以标注引用的内容外,本作品不包含任何其他个人或集体创作的成果作品。参赛团队对该作品内容的真实性负责,参赛团队完全意识到本声明的法律后果由本人承担。

参赛团队成员(签字):

张宏宇 丁泽桥 黎良才 黄楚 江嘉豪

高凯峰

2024年3月15日

九、学校管理部门推荐意见:

签字 (盖章)

