

文章编号:1671-251X(2014)04-0051-04 DOI:10.13272/j.issn.1671-251x.2014.04.012

曾志辉,张一鸣,陶海军,等.基于超级电容器储能的时域激发极化法发射机研究[J].工矿自动化,2014,40(4):51-54.

基于超级电容器储能的时域激发极化法发射机研究

曾志辉^{1,2}, 张一鸣¹, 陶海军^{1,2}, 朱学政¹

(1.北京工业大学 电子信息与控制工程学院,北京 100124;

2.河南理工大学 电气工程与自动化学院,河南 焦作 454003)

摘要:针对目前时域激发极化法发射机存在无电能存储、体积较大的问题,设计了一种基于超级电容器储能的时域激发极化法发射机。该发射机采用新的电路拓扑结构,在发射机空闲时由超级电容器存储发电机输出的能量,在发射机工作时超级电容器释放存储的能量,释放出的能量与发电机一起给负载提供功率,有效减小了发电机的体积;同时超级电容器在释放能量时与发电机电源是串联工作,不仅不需要升压电感而且能够实现升压作用,进一步优化了发射机的体积。仿真及实验结果表明,该发射机性能稳定、可靠。

关键词:时域激发极化法;发射机;超级电容器;储能

中图分类号:TD67 文献标志码:A 网络出版时间:

网络出版地址:

Research of transmitter of time-domain induced polarization based on super capacitor storage

ZENG Zhihui^{1,2}, ZHANG Yiming¹, TAO Haijun^{1,2}, ZHU Xuezheng¹

(1.School of Electronic Information and Control Engineering, Beijing University of Technology,

Beijing 100124, China; 2.School of Electrical Engineering and Automation,

Henan Polytechnic University, Jiaozuo 454003, China)

Abstract: In view of problems of no storage of electric energy and big volume existed in current transmitter of time-domain induced polarization, a transmitter of time-domain induced polarization based on super capacitor storage was designed. The transmitter uses new circuit topology, which makes the super capacitor store energy output by generator when the transmitter is in idle state, and the super capacitor release the stored energy when the transmitter is in working state. The released energy and the generator provide power for load so as to reduce volume of the generator. Meanwhile the super capacitor connects in series with power supply of the generator when the super capacitor releases the energy, which not only do not need boost inductor but also can realize boost function, so as to optimize volume of the transmitter. The simulation and experiment results show that the transmitter has stable and reliable performance.

Key words: time-domain induced polarization; transmitter; super capacitor; energy storage

0 引言

时域激发极化法(Time-domain Induced Polarization, TDIP)是利用岩矿石电化学性质为物理前提的一种地球物理勘探方法,是为数不多可以

直接寻找有色金属硫化矿床的有效手段。它不仅广泛应用于金属矿勘探中,而且在油田和煤田勘探中,也引起了人们的重视,并在这些领域中取得了较好的地质效果。目前,隐伏矿和深部矿的极化率勘探方法^[1-5]主要存在以下问题:①由于隐伏矿和深部

收稿日期:2013-07-26;修回日期:2014-01-14;责任编辑:王晖。

基金项目:国土资源部公益性行业科研专项(SinoProbe-09-02)。

作者简介:曾志辉(1978—),男,江西临川人,讲师,博士研究生,主要研究方向为超级电容器储能、电力电子技术,E-mail:zzhh@hpu.edu.cn。

矿埋深较大,地表测量异常场信噪比偏低,影响数据精度,也影响了极化率法的勘探深度。② 中国目前存在大量危机矿山,国家也设立了大量的危机矿山项目,目的是在老矿山的深部和外围发现新的储量。这些矿山外围勘探的特点之一就是矿山施工作业的强干扰,使针对矿山外围和深部的极化率法的应用面临很大的挑战。另外,随着勘探程度的不断增加,剩余地区的地形和交通状况对仪器设备的小型化和轻型化要求越来越高。因此,需要发射信号更强、体积和质量更小的发射机。

TDIP 勘探要求 TDIP 发射机在 1 个周期内有一半时间处于发射状态,一半时间处于空闲不发射状态。大多数 TDIP 发射机在发射空闲时间的数秒内,一般是发射机负载断开,没有实现空闲时间内的电能存储,造成发电机空载运行,降低了电能利用率;为了给大地负载提供更大电流,目前市场上常用的 TDIP 发射机采用传统的升压电路提高电压,由于升压电感的存在,造成了发射机体积、质量均较大,不仅不便于运输,还降低了功率效率。但为了输出足够的发射电流,升高电压是必须的^[1,3]。鉴此,笔者设计了一种基于超级电容器储能的 TDIP 发射机,利用超级电容器容量大、高能量密度、充放电快的特点^[6-10],采用新的电路拓扑结构,能够很好地将柴油发电机在发射机空闲不工作时输出的能量存储起来,并在发射机工作时释放出去,和柴油发电机一起给负载提供功率,有效降低了对柴油发电机的额定功率要求,减小了柴油发电机的体积,同时由于超级电容器在释放能量时和柴油发电机电源是串联工作,能够实现升压作用,巧妙地摒弃了升压电感,进一步优化了发射机的体积。

1 新型 TDIP 发射机拓扑结构

基于超级电容器储能的 TDIP 发射机电路拓扑结构如图 1 所示。整个 TDIP 发射机电路由不控整流桥、能量切换开关、超级电容器 C_{SC} 和 H 逆变桥组成。其中不控整流桥实现对发电机电源的整流、滤波功能;能量切换开关通过对晶闸管 S_1-S_3 的控制,实现发电机电源对 C_{SC} 的充放电功能,当 C_{SC} 放电且逆变桥工作时, C_{SC} 此时相当于一个电压源,和发电机电源串联,一起给大地负载供电,实现了电压的叠加,从而达到升压效果。

晶闸管 S_1-S_3 , H_1-H_4 的 PWM 驱动时序如图 2 所示,其中, S_1-S_3 的周期为 8 s,占空比为 50%; H_1-H_4 的周期为 16 s,占空比为 25%。

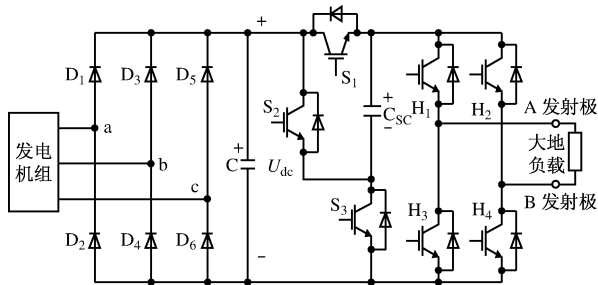


图 1 基于超级电容器储能的 TDIP 发射机电路拓扑结构

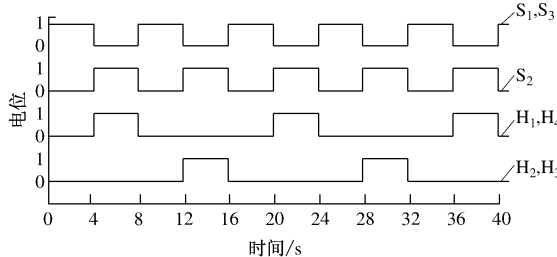


图 2 晶闸管 S_1-S_3 , H_1-H_4 的 PWM 驱动时序

当 S_1 和 S_3 导通, S_2 不导通时, H 逆变桥不工作,此时用直流电压源 U_{dc} 替代不控整流桥输出的直流母线电压, C_{SC} 处于充电状态。当 S_2 导通, S_1 和 S_3 不导通时, H 逆变桥工作, C_{SC} 处于放电状态。

2 超级电容器储能原理

超级电容器作为储能元件的等效电路如图 3 所示,其中 R_{ES} 为超级电容器串联等效电阻。

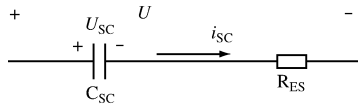


图 3 超级电容器储能等效电路

由图 3 得

$$U = U_{SC} + i_{SC} R_{ES} \quad (1)$$

能量计算公式为

$$W_C = \frac{1}{2} C_{SC} (U_{SC1}^2 + U_{SC2}^2) \quad (2)$$

式中: U_{SC1} 为超级电容器放电初始电压; U_{SC2} 为超级电容器充电初始电压。

由于 TDIP 发射机需要的电压等级较高,而单个超级电容器耐压值只有几伏,因此,需要对单个超级电容器进行串并联组合。根据所设计的 TDIP 发射机性能要求(输出功率接近 20 kW,输出电压接近 1 000 V,电流接近 20 A),对超级电容器进行了选型和组合。

从以上电路拓扑分析可知,负载工作时获得的 1 060 V 的电压是由电源电压和超级电容器组两端的电压串联叠加提供的,因此,超级电容器组实际要

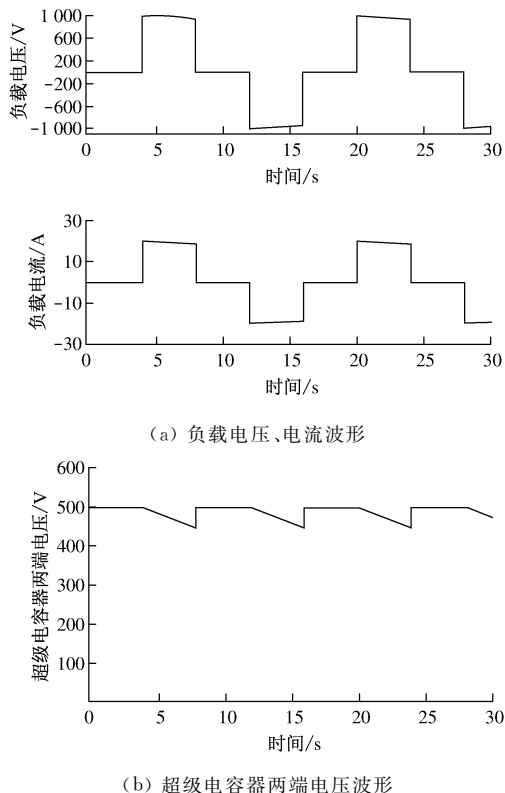


图 5 直流电源电压为 500 V、负载为 50 Ω 时的仿真结果

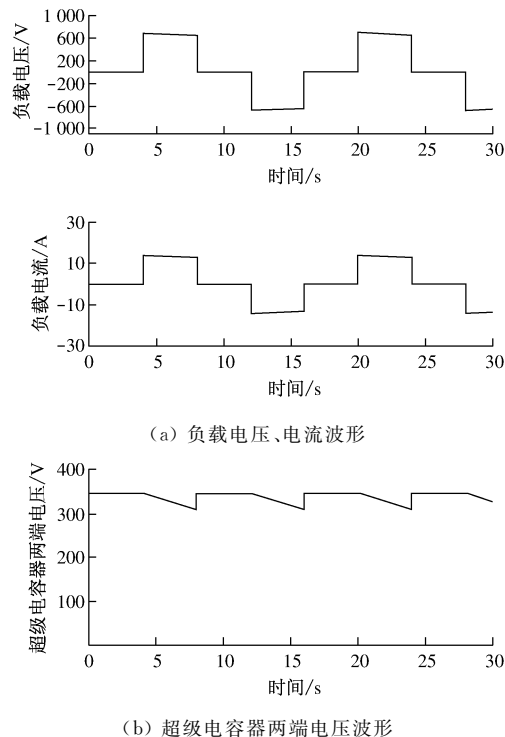


图 6 直流电源电压为 350 V、负载为 80 Ω 时的仿真结果

器的储能原理。在直流母线电压为 350 V 情况下的实验结果表明,该发射机能够有效减少 TDIP 发射机系统对发电机功率的需要,减小了发电机的体积,且发射机性能稳定、可靠。

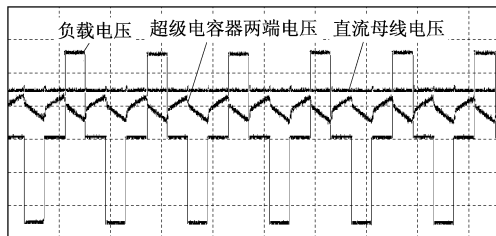


图 7 负载电压、超级电容器两端电压及直流母线电压波形

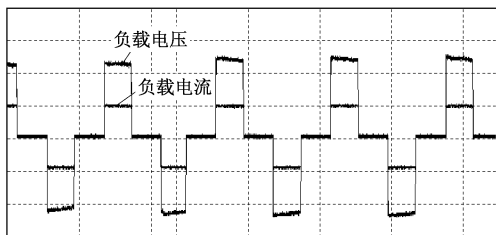


图 8 负载电压、电流波形

参考文献:

[1] 王光杰,王若,石昆法. 超级电容器储能型 TDIP 发射机[C]//第十届中国国际地球电磁学术讨论会,南昌,2011.

[2] 陈忠仁,董浩斌. 新型瞬变电磁发射机的研制[J]. 勘探地球物理进展,2004,27(6):444-446.

[3] 谭国贞,付志红,周锥维等. 瞬变电磁发射机控制系统设计[J]. 电测与仪表,2006,43(3):8-12.

[4] 林品荣,郭鹏,石福深,等. 大深度多功能电磁探测技术研究[J]. 地球学报,2010,31(2):149-154.

[5] 锥志锋,朱向泰,刘亚军,等. 应用可控源音频电磁和时域激电单极-偶极测深法勘查金矿[J]. 工程地球物理学报,2006,3(2):111-114.

[6] 张慧妍,韦统振,齐智平. 超级电容器储能装置研究[J]. 电网技术,2006,30(8):92-96.

[7] CONWAY B E. 电化学超级电容器——科学原理及技术应用[M]. 陈艾,吴孟强,张绪礼,等,译. 北京:化学工业出版社,2005.

[8] 王司博,韦统振,齐智平. 超级电容器储能的节能系统研究[J]. 中国电机工程学报,2010,30(9):105-111.

[9] HAN Chong, HUANG A Q, LI Ding, *et al.* Modeling and design of a transmission ultracapacitor (TUCAP) integrating modular voltage source converter with ultracapacitor energy storage[C]// IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition, Dallas, 2006.

[10] 刘伟,康积涛,李珊,等. 超级电容储能技术在分布式发电系统中的应用[J]. 华电技术,2010,32(12):32-34.

[11] 高云,姜学娟,周末,等. 超级电容器放电测试用电子负载[J]. 电源技术,2013,37(3):410-412.

[12] 陈艳峰,丘水生,伍言真. PWM 开关功率变换器分析与仿真方法简述[J]. 电机与控制学报,1999(3):153-156.