

*For citation:* Jia Zhengyi. Coordinated control strategy of wind-solar-hydro-storage power generation system // Grand Altai Research & Education — Issue 2 (22)'2024 (DOI: 10.25712/ASTU.2410-485X.2024.02) — EDN: <https://elibrary.ru/NBVWCL>

UDK 343.711.63

## COORDINATED CONTROL STRATEGY OF WIND-SOLAR-HYDRO-STORAGE POWER GENERATION SYSTEM

*Jia Zhengyi*<sup>1</sup>

1 Hubei Digital Textile Equipment Key Laboratory, Wuhan Textile University, Wuhan, 430073, China  
E-mail: 337906180@qq.com

**Abstract.** With the rapid development of renewable energy, wind power generation, solar power generation and hydroelectric power generation, as representatives of clean energy, the research on their complementarity is of great significance for improving energy utilization efficiency. Through simulation, this article studies the coordinated control strategy of wind, photovoltaic, and hydroelectric power generation systems through modeling analysis, aiming to achieve the optimal complementarity of these three power generation methods. The simulation model of the power generation system is established by MATLAB/Simulink software, and the effectiveness of energy complementarity in different seasons is discussed. The research results show that the proposed control strategy can effectively improve the stability and power generation efficiency of the system.

**Keywords:** wind power generation; Photovoltaic power generation; hydro turbine power generation; complementary system

## 风, 光, 水储发电系统协调控制策略

*贾正一*<sup>1</sup>

1 武汉纺织大学, 湖北省数字化纺织装备重点实验室, 中国, 武汉, 430073  
E-mail: 337906180@qq.com

**摘要:** 随着可再生能源的快速发展, 风力发电, 太阳能发电和水力发电作为清洁能源的代表, 其互补性研究对于提高能源利用效率具有重要意义. 本文通过建模分析, 研究了风力, 光伏和水力发电系统的协调控制策略, 旨在实现这三种发电方式的优化互补. 通过 MATLAB/Simulink 软件建立了发电系统的仿真模型, 并探讨了不同季节下能源互补的有效性. 研究结果表明, 所提出的控制策略能够有效提升系统的稳定性和发电效率.

**关键词:** 风力发电; 光伏发电; 水轮机发电; 互补系统

## 0 引言

随着经济的发展和能源需求的增加, 可再生能源的利用日益受到重视. 风能, 太阳能和水能作为清洁, 可再生的能源, 其互补性研究对于提高能源利用效率具有重要意义. 本文旨在研究风力, 光伏和水力发电系统的协调控制策略, 通过仿真模拟验证控制策略的有效性, 为实际应用提供理论依据.

## 1 系统建模与分析

本文对风力发电, 光伏发电和水力发电系统进行了系统概括, 并建立了相应的数学模型. 利用 MATLAB/Simulink 软件对风力发电, 光伏发电和水力发电系统进行了建模和分析, 分析了不同工况下的系统运行情况.

### 1.1 风力发电系统建模

在小容量风电系统中, 异步发电机和永磁同步发电机是最常用的一种, 但是相对于双电源异步发电机来说, 永磁同步发电机的风机跟转子是直接接触的, 而不需要经由齿轮箱将转子传输到风机里, 这样做可以降低噪声污染. 另外, 还能降低设备的维护费用. PMSM 控制简单, 并且与两个供电的感应发电机相比具有更高的效率. 由于风力发电装置的构造比较简单, 所以本论文采用了永磁同步发电机作为风力发电装置.

基于论述方法, 则我们可以选用了永磁同步发电机作为我们本次实验的工具, 以实现对风力发电系统的研究. 我们采用图1 所示的风力发电系统仿真模型 [2], 以实现对风力发电系统的研究. 通过仿真模型的建立, 我们可以对风力发电系统的运行状况进行分析, 从而更好地了解其工作特性.

通过该模型, 可以方便地了解风力发电机的工作过程, 以及它在不同风速条件下的运行特性. 我们可以通过直接使用 Simulink 的电气系统模块, 然后将其加载到仿真环境中.

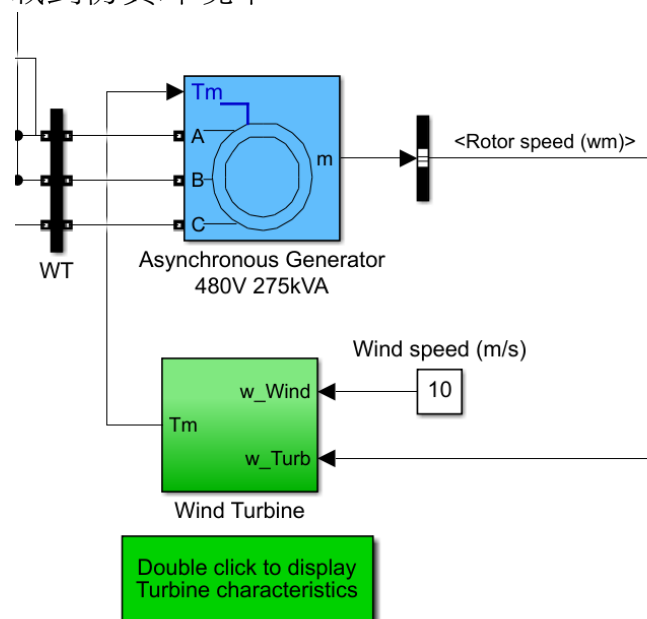


图1 风力发电系统模型  
Figure 1. The model of wind power generation system

## 1.2 光伏发电系统建模

在本文中,对光伏电池的电压-电流特性进行分析,并在此基础上构建相应的等效电路,从而对其进行数学建模.在照度恒定时,光生电流恒定,所以太阳能电池就像一个恒流源,光生电流就会通过外界负载而产生一个电势差,光伏电池的等效电路如图2所示 [3].

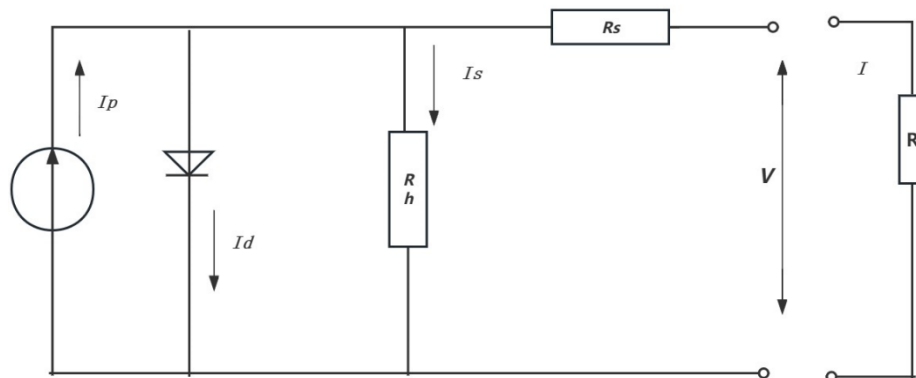


图2 单体光伏电池等效电路

Figure 2. The equivalent circuit of a single photovoltaic cell

在一些场合,由于太阳能电池的电压会长期超过其直流母线,此时需要采用一种降压方式.在降压电路中,随着工作循环的增大, $\alpha$ 的数值由1变成0,则输入和输出的比值 $k$ 也由1变成 $\infty$ .所以,如果光电池面板的发光强度太低,则会导致光电池面板的开路电压很低,使降压电路无法从光电池得到电能.

升降压电路由于其输入与输出电压之比 $k$ 可在0与 $\infty$ 之间任意取值,因而没有以上所述之不足.该方法不但能使电路正负电压发生明显变化,而且能使电压幅值发生明显变化.但是,升压电路与升压电路,降压电路相比,其效率要稍低一些,这是由于其输入端仅能经由电感输送至输出端.由于降压,升压电路,降压电路是间歇性地断开电源,所以在接通太阳能电池时,需要将电容并联到电源上.本文要求太阳能电池板与直流母线相连,利用直流母线永远高于光伏电池的最大载流子电压的特点,设计了一种基于Boost电路的光伏电池阵列.图3中显示了电路的工作原理 [3].

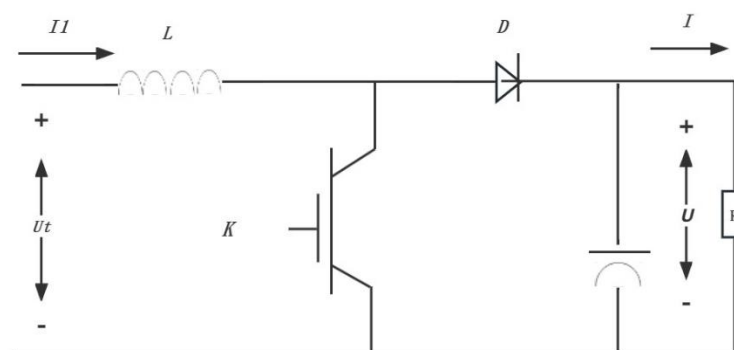


图3 Boost 电路原理图

Figure 3. Boost Circuit schematic diagram

Boost 变换器的工作原理是: 当高电平的讯号抵达关断管 K 时, 关断管 K 就会导通, 关断二极管 D, 对电感 L 进行充电; 在本次实验中开关器上的信号如果变成一个低电平时, 开关器 K 就会打开以防止连线, 而在此过程中, 电源与电感器都会释放出电能. 这个电路在一个切换循环内, 要将电压由1 上升到2, 就必须将切换管 K 与二极管 D 的交变接通的比例升高.

基于上述试验方法, 则我们可以选用了 Boost 转换器为我们本次实验的工具, 以实现光伏发电系统的研究. 我们采用图4 所示的光伏发电系统仿真模型 [4], 以实现光伏发电系统的研究.

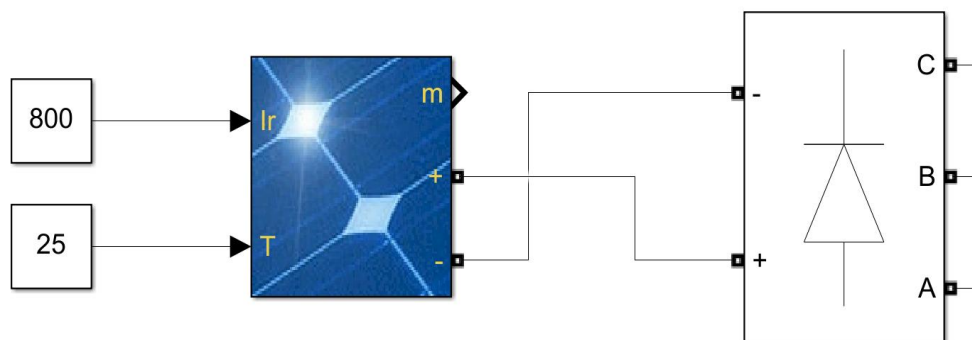


图4 光伏发电的模型

Figure 4. The model of photovoltaic power generation

### 1.3 水轮发电机系统建模

作为水电厂的核心部件, 水轮发电机的调速器作为调节机组速度和输出功率的关键部件, 它的品质与性能直接关系到电网的供电品质与电厂的安全与稳定.

以机组调节器为控制器, 以机组为被控对象, 巡航控制和电网由闭环控制系统组成, 它通常具有由相互耦合的加压水旁路系统, 水轮机, 发电机, 水, 涡轮机和电力组成的集成系统.

水轮机调节系统具有复杂的特性, 如时间变化, 非线性等. 图5 显示了水轮机调节系统动态模型的基本结构 [5].

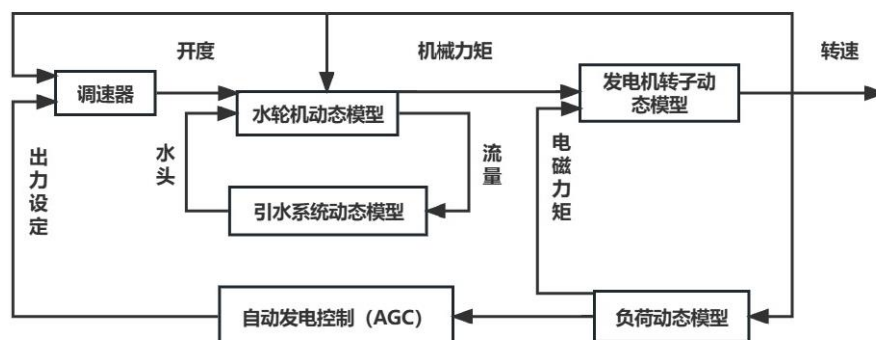


图5 水轮机调节系统动态模型基本结构

Figure 5. The basic structure of the dynamic model of the water turbine regulation system

本文所建立的小型水力发电机组设计模式, 既能确切地表现水轮机的非线性特点, 又能和电力系统中的随实际负载变换的动力模式相结合, 为今后的深入研究打下了坚实的基础. 发电机组的模型结果应如图6所示 [6].

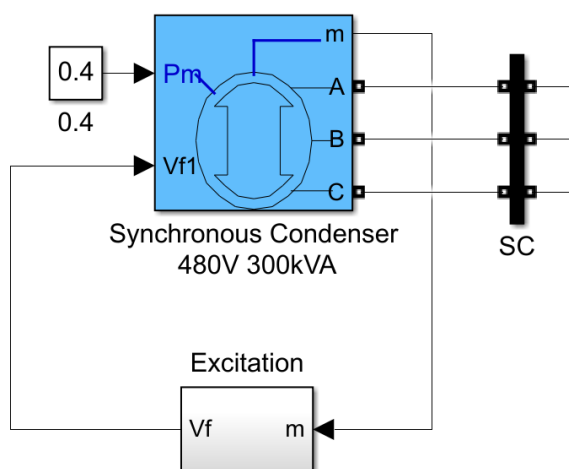


图6 水轮机发电机组模型  
Figure 6. The model of a water turbine generator set

## 2 结束语

本文对风力发电系统, 光伏发电系统, 水轮机组发电系统等进行了系统的认识, 并对其进行了分析. 以及研究了风力, 光伏和水力发电系统的协调控制策略, 研究结果对于提高可再生能源的利用效率具有重要的实际意义.

## 参考文献

- [1] 熊化琳. 水风光互补发电系统容量配置与优化调度[D]. 西北农林科技大学, 2022. DOI:10.27409/d.cnki.gxbnu.2022.000694.
- [2] 杨天治. 风力发电仿真系统建模与开发[D]. 北京化工大学, 2013.
- [3] 袁浩然. 风光互补发电系统的功率协调控制策略研究[D]. 新疆大学, 2019.
- [4] 刘翼. 光伏并网发电系统建模仿真[D]. 北京交通大学, 2011.
- [5] 李建玲. 水轮发电机组轴系建模及振动特性研究[D]. 西北农林科技大学, 2020. DOI:10.27409/d.cnki.gxbnu.2020.000574.
- [6] 罗旋. 水轮机调节系统的研究与仿真[D]. 华中科技大学, 2005.

## References

- [1] Xiong Hualin. Capacity Allocation and Optimal Scheduling of a Hydro-Wind-Solar Complementary Power Generation System [D]. Northwest A&F University, 2022. DOI: 10.27409/d.cnki.gxbnu.2022.000694.
- [2] Yang Tianzhi. Modeling and Development of a Wind Power Generation Simulation System [D]. Beijing University of Chemical Technology, 2013.
- [3] Yuan Haoran. Research on Power Coordination Control Strategy of Wind-Solar Complementary Power Generation System [D]. Xinjiang University, 2019.
- [4] Liu Yi. Modeling and Simulation of a Photovoltaic Grid — connected Power Generation System [D]. Beijing Jiaotong University, 2011.
- [5] Li Jianling. Modeling and Vibration Characteristics of Hydro Turbine Generator Shaft System [D]. Northwest A&F University, 2020. DOI: 10.27409/d.cnki.gxbnu.2020.000574
- [6] Luo Xuan. Research and Simulation of Hydro Turbine Governor System [D]. Huazhong University of Science and Technology, 2005.