

# Broadband oscillation analysis of Shanshan project in Xinjiang Based on time domain simulation

Wei Xie

State Power Investment Group Engineering Corporation (Shandong Institute), Jinan, Shandong, 250014, China

## Abstract

In order to evaluate the broadband oscillation characteristics of the 100MW optical thermal power station and the supporting 900MW photovoltaic power generation project built by the State Power Investment Group Henan Electric Power Co., Ltd. in Qiketai Town, Shanshan County, Xinjiang after being connected to the power grid, this paper built a complete electromagnetic transient simulation model related to the project, including No. 2 collection station (solar thermal+photovoltaic, including typical low penetration control strategy), No. 1 collection station (photovoltaic, equipped with three 240MVA three winding transformers), Datang Shandong and Sanjianfang west wind farms (wind turbines, including typical low penetration control strategy), and Shanshan 220kV equivalent system (including 750kV line, 1500MVA main transformer and multiple circuit 220kV outgoing line). Four operation modes are studied and designed, covering normal full connection, n-1 (Shanshan main transformer n-1), n-2 (Shanshan main transformer n-2), n-3 (main access to new energy) and other scenarios. The system dynamic characteristics are evaluated by simulating Shanshan 220kV bus single transient fault, combined with time domain simulation waveform (terminal voltage, current, power) and spectrum analysis.

## Keywords

photothermal; time domain simulation; electromagnetic transient modeling; broadband oscillation.

## 基于时域仿真的新疆鄯善项目宽频振荡分析

谢威

国家电投集团工程公司(山东院), 中国·山东 济南 250014

## 摘要

为评估国家电投集团河南电力有限公司在新疆鄯善县七克台镇建设的 100MW 光热电站及配套 900MW 光伏发电项目接入电网后的宽频振荡特性, 本文依托 PSCAD/EMTDC 等电磁暂态分析软件, 构建了项目相关的完整电磁暂态仿真模型, 包括 2 号汇集站(光热+光伏, 含典型低穿控制策略)、1 号汇集站(光伏, 配置 3 台 240MVA 三绕组变压器)、大唐鄯东与十三间房风电场(风机, 含典型低穿控制策略)及鄯善 220kV 等值系统(含 750kV 线路、1500MVA 主变及多回 220kV 出线)。研究设计 4 种运行方式, 涵盖正常全接线、N-1(鄯善主变 N-1)、N-2(鄯善主变 N-2)、N-3(新能源主要接入)等场景, 通过模拟鄯善 220kV 母线单瞬故障, 结合时域仿真波形(机端电压、电流、功率)与频谱分析, 评估系统动态特性。

## 关键词

光热; 时域仿真; 电磁暂态建模; 宽频振荡

## 1 引言

### 1.1 项目概况

国家电投集团河南电力有限公司拟利用七克台镇东北 30km 处戈壁荒地建设 100MW 光热电站, 配套 900MW 的光伏发电项目。本项目新建 1×100MW 塔式太阳能热发电机组, 配置 8h 的储热系统, 满足 6h 储热时长的熔盐, 镜场面积为 50 万 m<sup>2</sup>, 并预留了 30 万 m<sup>2</sup> 的镜场扩建条件, 除镜场外, 其他系统均按照 8h 储热时长、100MW 发电功率配置。

本项目站址位于新疆维吾尔自治区吐鲁番市鄯善县东北侧。西南距鄯善县约 60km, 西南距吐鲁番市约 140km, 西北距乌鲁木齐市约 270km。站址西距 241 省道约 8.5km, 东距连霍高速约 8.5km, 南距兰新铁路红旗坎站约 4km, 南距兰新高高速铁路约 10km, 站区对外交通便利,

道路条件较好。项目场址海拔约为 831~1022m, 坐标范围约为东经 90°47'45.58"~90°51'36.81", 北纬 43°11'07.32"~43°14'20.93"。拟建场址为未利用戈壁, 周边交通便利。

### 1.2 光热送出系统电磁暂态建模

常用的电力系统电磁暂态分析软件如 PSCAD/EMTDC、EMTPE 等, 包含有详细的发电机、线路、电力电子元件模型等常用电力系统元件模型, 以及通用控制系统模型, 建立待研究新能源并网系统的详细电磁暂态仿真模型, 可以进行系统小干扰稳定仿真分析, 也可以进行大干扰仿真分析, 是目前一种广泛应用的宽频振荡分析方法。

#### 1.2.1 2 号汇集站电磁暂态建模

根据项目组提供资料, 在 PSCAD 中建立了 2 号汇集站的光热机组和光伏电磁暂态模型, 光伏发电考虑了典型低穿控制策略。

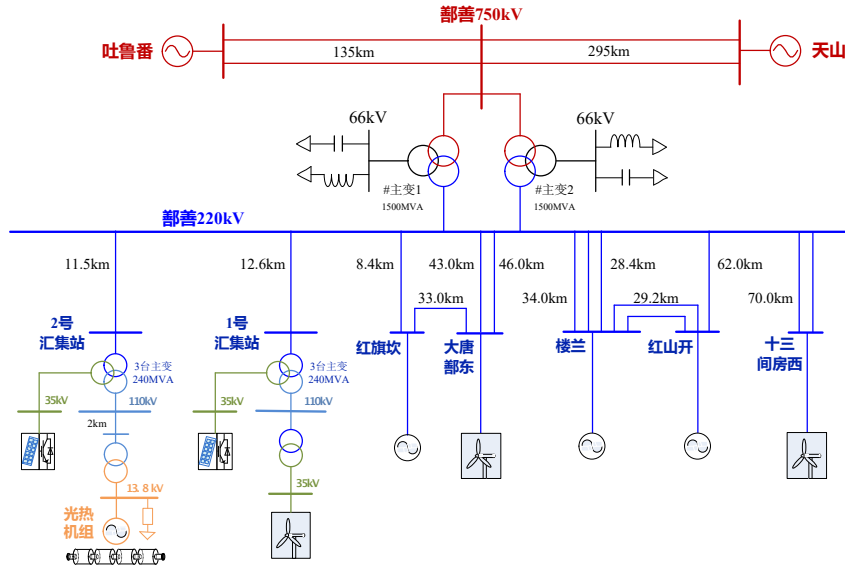


图 1-1 鄯善七克台光热发电机组接入系统等值图

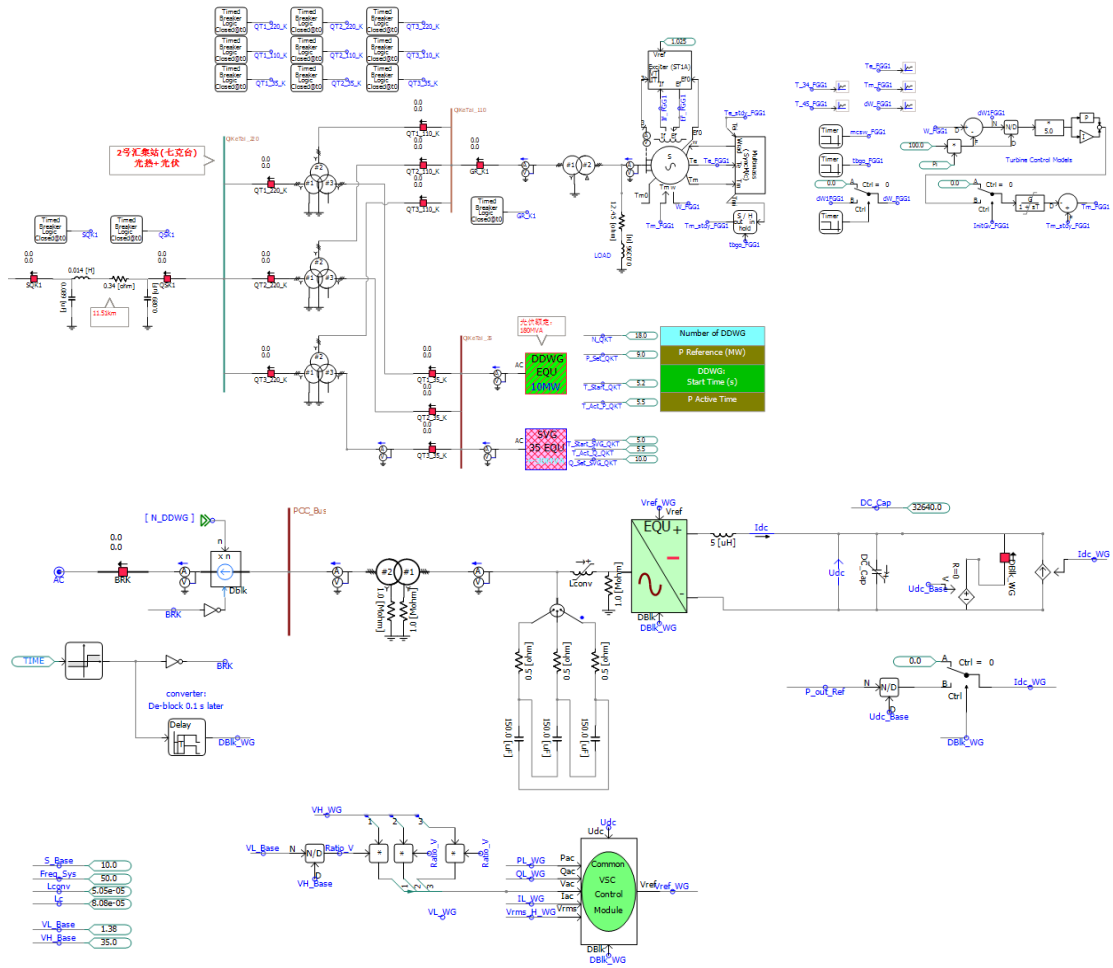


图 1-2 2号汇集站光热机组和光伏电磁暂态建模 (PSCAD)

### 1.2.2.1 1号汇集站电磁暂态建模

根据电网规划，鄯善1号汇集站位新能源汇集站，1号汇集站配置3台220kV/110kV/35kV三绕组240MVA

变压器，110kV侧和35kV侧接入光伏，采用典型光伏模型，在PSCAD中建立了上述新能源场站电磁暂态模型。

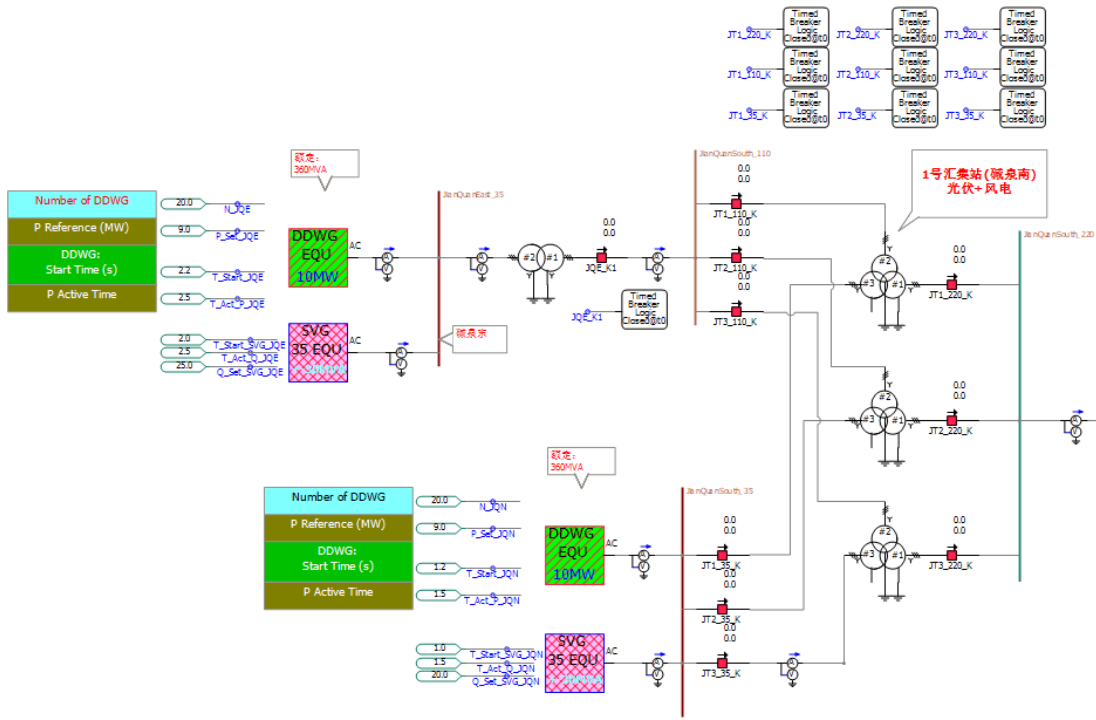


图 1-3 1 号汇集站 110kV/35kV 侧光伏电磁暂态建模 (PSCAD)

### 1.2.3 大唐鄯东、十三间房西风电场站电磁暂态建模

接入鄯善 220kV 母线的大唐鄯东、十三间房西为新能源汇集站,采用典型风机模型,在 PSCAD 中建立了上述风电场电磁暂态模型,风机考虑了典型低穿控制策略。

西等 220kV 网络,结合光伏、风电、无功补偿装置模型,建立了汇入鄯善 220kV 母线的 2 号汇集站、1 号汇集站、大唐鄯东、十三间房西新能源场站电磁暂态模型。

## 2 基于时域仿真的宽频振荡分析

时域仿真方法是一种常用的电力系统动态特性研究方法。电力系统元件模型由一组微分方程和代数方程组成,可以描述电磁、电容元件物理特性及其控制系统动态特性,包括元件模型中非线性特性,元件微分-代数方程组(DAE)模型在电磁暂态软件中采用数值积分方法(如梯形法、欧拉法等)进行以时间变量的步进计算。时域仿真方法是在电磁暂态软件中搭建待研系统仿真模型,在确定仿真边界初始工况条件进行时域仿真计算,依据仿真波形分析系统的动态特性。

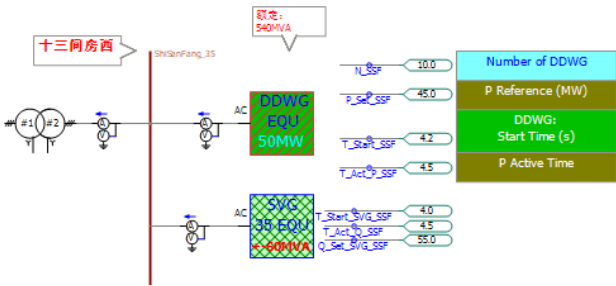


图 1-4 十三间房西风电场电磁暂态建模 (PSCAD)

### 1.2.4 鄯善 220kV 等值系统电磁暂态建模

依据鄯善电网结构数据,建立了鄯善站近区网络电磁暂态模型,如图 2-4 所示,包括天山、吐鲁番至鄯善站 750kV 线路、鄯善站 2 台容量为 1500MVA 的三绕组 750kV/220kV/66kV 主变,鄯善站 220kV 出线至 2 号汇集站、1 号汇集站、大唐鄯东、楼兰、红旗坎、红山开、十三间房

### 2.1 运行方式分析

时域仿真分析运行方式考虑正常运行方式、N-1 运行方式(鄯善主变 N-1)、N-2 运行方式(鄯善主变 N-2)、N-3 及以上运行方式(新能源场站递进建设并网、鄯善 220kV 网架变化);宽频振荡属于小扰动稳定范畴,单瞬故障可以达到仿真核校目的,因此本研究中扰动情况考虑鄯善 220kV 母线经过电阻单瞬故障。

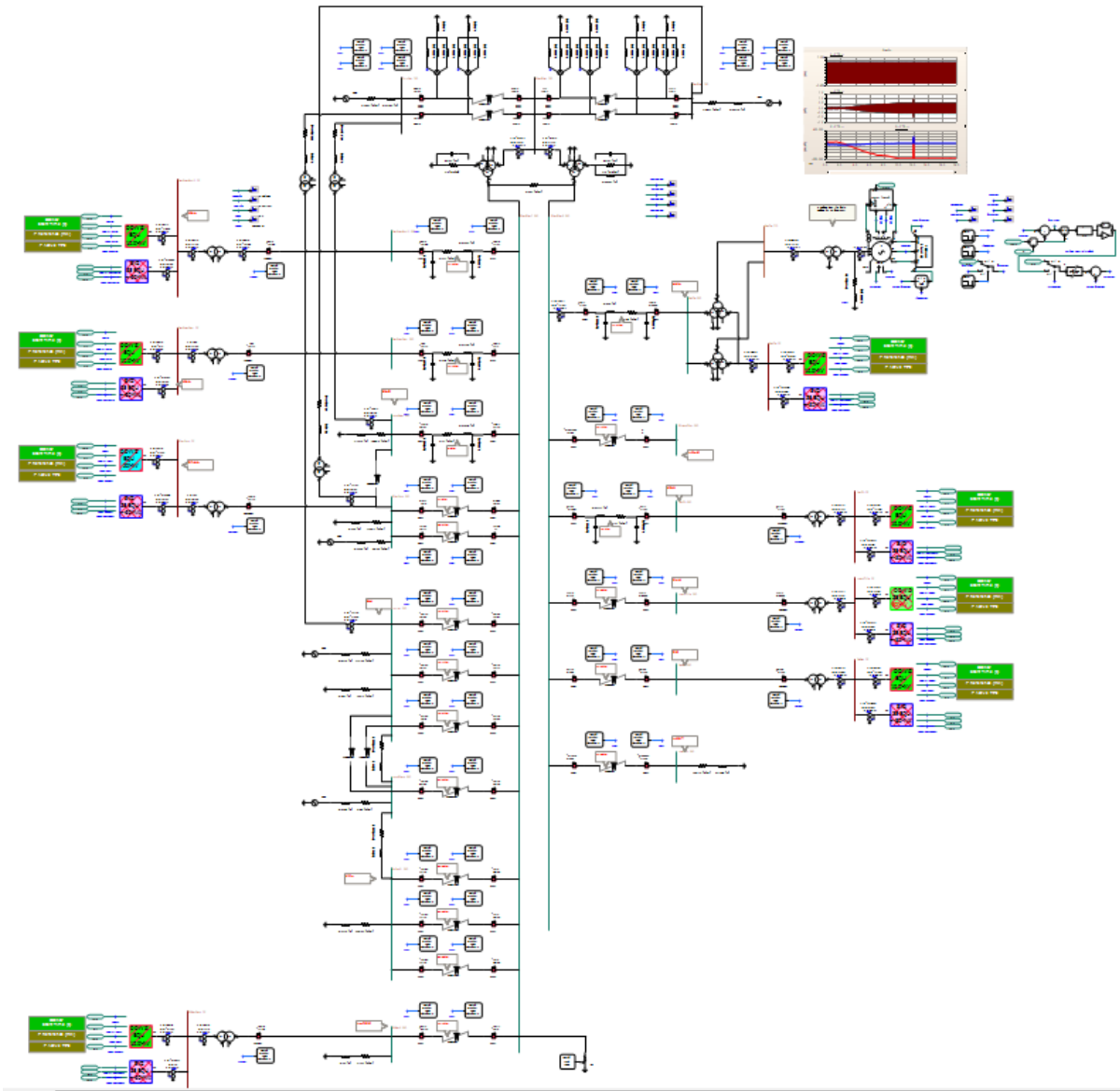


图 1-5 鄯善 220kV 系统电磁暂态模型 (PSCAD)

表 2-1 运行方式列表

序号		鄯善主变台数	鄯善 220kV 网络	2号站 35kV 光伏有功/无功 (pu)	1号站 110kV 光伏有功/无功 (pu)	1号站 35kV 光伏有功/无功 (pu)	大唐鄯东有功/无功 (pu)	十三间房有功/无功 (pu)
1	全接线	2台	全接线	P=1.0 Q=1.0	P=1.0 Q=1.0	P=1.0 Q=1.0	P=1.0 Q=1.0	P=1.0 Q=1.0
2	N-1	1台	全接线	P=1.0 Q=1.0	P=1.0 Q=1.0	P=1.0 Q=1.0	P=1.0 Q=1.0	P=1.0 Q=1.0
3	N-2	1台	断开至1号站 1回220kV线	P=1.0 Q=1.0	P=1.0 Q=1.0	P=1.0 Q=1.0	P=1.0 Q=1.0	P=1.0 Q=1.0
4	N-3	0台	断开至红旗坎 1回220kV线	P=1.0 Q=1.0	P=1.0 Q=1.0	P=1.0 Q=1.0	P=1.0 Q=1.0	P=1.0 Q=1.0

## 2.2 时域仿真

模拟鄯善 220kV 母线发生单瞬故障，通过时域仿真曲线观察鄯善光热机组的振荡特性。

### 2.2.1 全接线方式

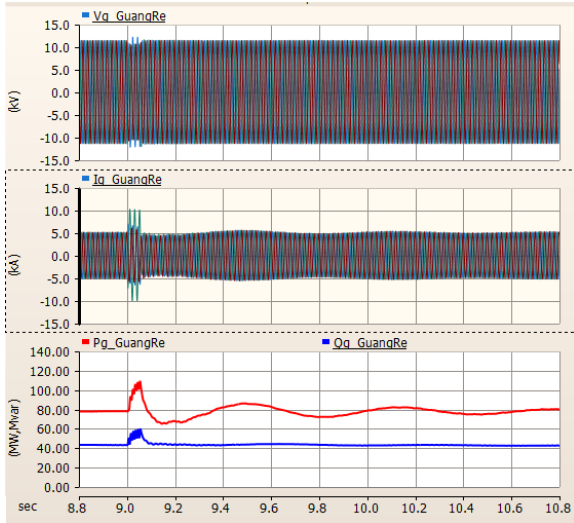


图 2-1 光热机组机端电压、电流和功率

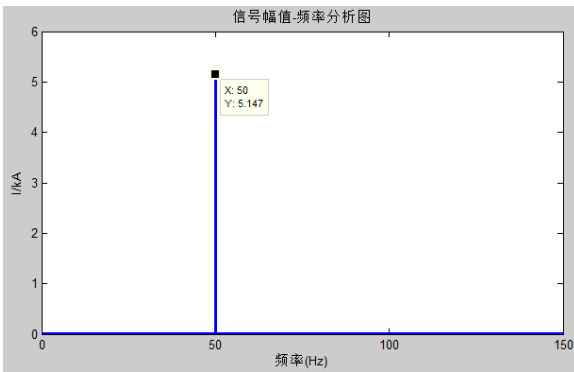


图 2-2 光热机组机端电流频谱分析

### 2.2.2 N-1 方式

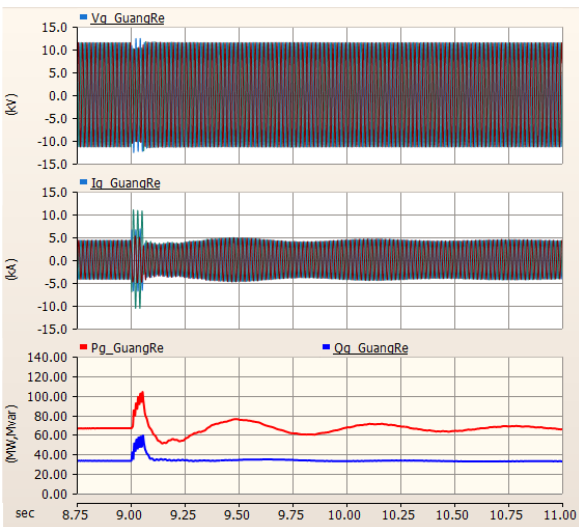


图 2-3 光热机组机端电压、电流和功率

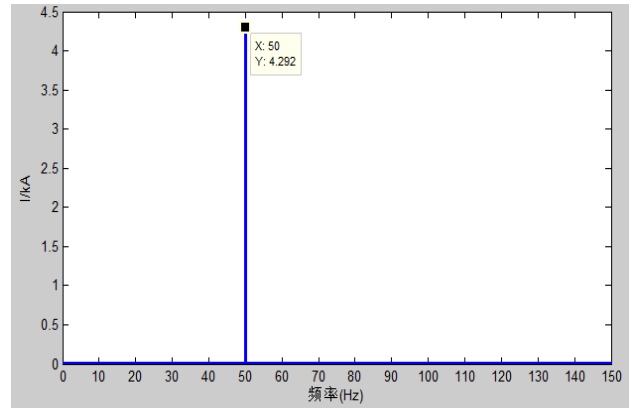


图 2-4 光热机组机端电流频谱分析

### 2.2.3 N-2 方式

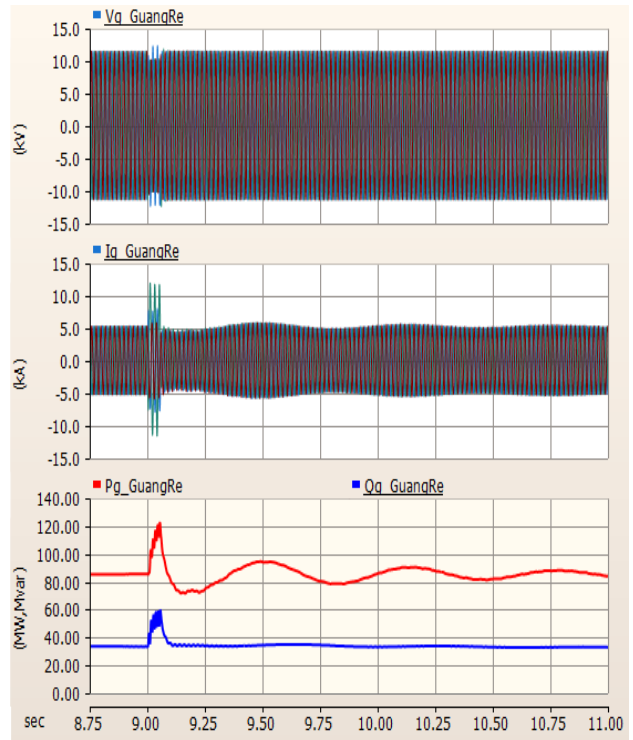


图 2-5 光热机组机端电压、电流和功率

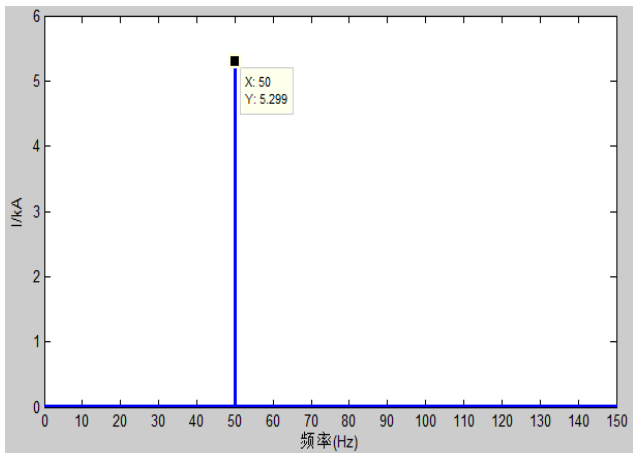


图 2-6 光热机组机端电流频谱分析

### 2.2.4 N-3 方式

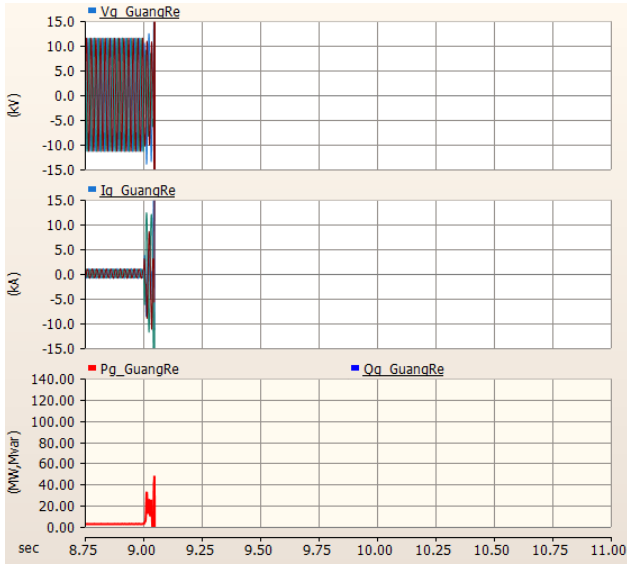


图 2-7 光热机组机端电压、电流和功率

## 3 时域仿真分析结果

当鄯善站主变投运 1 台或 2 台时，鄯善站 220kV 网

络属于强网，即使鄯善站 220kV 母线 II 回出线断开 N-x (x=1,2,3) 时，2 号汇集站的光热机组机端电压、电流均为稳定特性。当鄯善站 2 台主变退出运行时，鄯善站 220kV 系统中新能源出力超过 70%；超过鄯善站 220kV 外送通道功率极限，2 号汇集站的光热机组大干扰下暂态不稳定。本问的研究为该光热 - 光伏项目并网后的电网安全稳定运行提供了关键技术支撑。为后续项目电站在电网安全稳定设计方面提供技术依据。

### 参考文献

- [1] 王伟胜, 李光辉, 何国庆. 新能源并网系统宽频振荡分析与抑制 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2023.
- [2] 李世明. 基于信号分析的电力系统低频振荡辨识方法研究综述 [J]. 电力与能源, 2016, 37(04): 420-426.
- [3] 王伟胜, 李光辉, 郭剑波. 大规模新能源发电经直流送出的技术挑战与思考 (英文) [J]. Engineering, 2022, 19(12).
- [4] 高巧娜. 含高比例新能源的电力系统暂态稳定控制策略研究 [C] // 重庆市大数据和人工智能产业协会, 重庆建筑编辑部, 重庆市建筑协会. 智慧建筑与智能经济建设学术研讨会论文集 (三). 河南中核五院研究设计有限公司, 2025: 191-194.
- [5] 任勇, 李旭涛, 吴玖蓉. 新能源并网系统宽频振荡风险评估方法 [J]. 宁夏电力, 2025, (04).