

抽水蓄能机组调相运行的可行性分析

吴志刚¹ 王瑞芳²

1. 内蒙古呼和浩特抽水蓄能发电有限责任公司; 2. 呼和浩特供电局

[摘要]抽水蓄能电站是目前已大规模应用且较为成熟的储能技术,可为电网提供削峰填谷、旋转备用、事故备用、调频、调相等辅助服务,是电网中具备大容量的储能设备。从目前国内大多抽水蓄能电站的实际运行情况来看,其应用领域主要是削峰填谷的“能量型”应用,其辅助服务功能,如调相、旋转备用、黑启动等应用不多。而随着电网的电源组成、电网结构和用户特性的变化,如新能源装机持续稳步增长、大容量单一直流输电直接馈入和用电侧企业自动化、智能化程度不断提高且高能耗企业的逐步淡出,加剧了电网电力调控的不确定性,提高了电网对调相、旋转备用、黑启动等能力的要求。因此,开展抽水蓄能机组长期稳定调相运行的研究,在构建以新能源为主体的新型电力系统新形势下,对于深入挖掘抽水蓄能电站的潜能,主动适应电网的变化,满足新型电力系统安全运行意义重大。

[关键词]抽水蓄能; 机组; 运行

【DOI】 10.12252/j.issn.2096-6261.2020.02.1216

随着大量风能、太阳能等间歇性可再生能源并网发电运行,基于大容量电能存储技术的电力平衡控制已成为电网安全稳定运行与控制的迫切需求。抽水蓄能电站具有调峰、填谷、调频及事故备用等功能,是当前解决电力系统调峰问题的最为经济有效的手段之一。当前,国内抽水蓄能机组全部是定速抽水蓄能机组,定速抽水蓄能机组抽水工况只能采取“开机-满负荷-停机”控制方式,无法满足电网连续、快速、准确进行频率调节和调整有功功率的要求。随着我国能源结构转型的持续推进,抽水蓄能机组以其启停灵活、响应迅速、运行范围广等特点,在现代电力系统中发挥调峰调频、消纳电能、事故备用的关键作用,为提高供电侧电能质量、维护电网安全稳定运行,抽水蓄能电站智能化建设已成为水电行业发展的新方向。

一、抽水蓄能机组发展现状

自抽水蓄能技术诞生以来,经过130多年的发展,抽水蓄能技术已经成为电力系统中技术成熟、经济、清洁、高效的高质量调节手段。抽水蓄能电站作为一种综合电站和储能电站,在世界范围能源消耗、结构转型的今天,是在电网系统安全稳定运行的条件下,一种灵活、高效的调节手段,在促进电力系统发展、解决新能源消纳问题中起着十分重要的作用,并在全球范围内开始得到了越来越多的重视和应用。我国抽水蓄能电站建设较国外起步较晚,我国于1968年首次从日本引进11MW容量的河北岗南水库抽水蓄能机组已安装在河北岗南水库,1972年在北京密云水库安装2MW容量的国产抽水蓄能机组。但是,由于当时调度及机组质量存在问题,且同时存在水库水头及容量偏小的问题,使这些机组在当时没有重视。直到潘家口抽水蓄能电站1984年开始启动,1992年开始投入运行,安装了3台单机容量为90MW的可变速抽蓄机组并在电网中发挥出了重要作用,抽蓄电站这才第一次获得了重视和认可。随后,我国抽水蓄能电站的开发进入了快速发展的时期,分别于1988年建设了广州抽水蓄能电站、于1994

年建立天荒坪抽水蓄能电站等,同时给其配置了具有世界领先水平的高水头、大容量和高转速机组。并且在工程建设和项目管理均达到了世界领先水平。随着我国经济技术进入高速发展阶段,电网对安全稳定运行的要求越来越高,与此同时对于电网的调峰需求、可再生能源发电的随机波动补偿要求也有了进一步的提高。我国抽水蓄能电站经过多年来的不断探索和努力,已经成为我国电力系统安全稳定保障、灵活高效调峰的有力支撑。

二、抽水蓄能电站机组调相运行的必要性

抽水蓄能电站作为目前电力系统中技术最成熟、运行最可靠、使用最经济的调峰填谷、调频、调相等多功能特殊电源,对提高电力系统经济运行水平,尤其在构建新能源为主体的新型电力系统模式下更显重要。而在电网的电源组成、电网结构和用户特性不断变化的新形势下,抽水蓄能电站不仅需要由单一的削峰填谷逐步向调频、调相、事故备用等多功能并重的方向转变,而且还需要适应电力系统在快速发展过程中产生的各种新需求、我国经济结构调整的各种新变化。其中,抽水蓄能电站机组长期稳定调相运行就显得尤为必要。

1、配合电网对新能源的消纳需求。在国家能源结构变革的大背景下、在“碳达峰、碳中和”政策的要求下,近年来风、光等可再生能源发展迅速,新能源在电网的接入占比不断增加,该省级电网总装机容量比例更是达到46.7%。新能源的发展还在持续增速。而抽水蓄能机组长期稳定调相运行能使电网负荷中心暂态稳定水平提升,以提高电网清洁能源外送消纳能力。

2、高压直流输电产生的调相需求。高压直流输电因在大容量、远距离输电方面具有其独特的优势而得到越来越广泛的应用。随着越来越多的高压直流输电的引入,对受端系统的电压稳定性也提出了巨大的考验。直流输电系统在传输有功功率时,无论是整流还是逆变,都需要从电网吸收一定

的无功功率，而无功功率是影响电压质量的一个非常重要因素，因此，配合特高压直流，在输送端附近区域需要配置大型调相机组，附近的抽水蓄能电站可以参与并承担相应的无功调节。

3、电网安全运行和事故备用的需求。近年来，随着电网的电源组成、结构多样化和用户特性不断变化，电网安全事故频发，特别是高压直流输电馈入，对受端系统的安全运行产生巨大的考验。就华东电网特高压直流合计发生故障，直流闭锁故障，面对直流大规模馈入和新能源大规模并网，造成同步交流电网的转动惯量持续减小，削弱了系统承受有功冲击、频率波动和抗扰动的能力，使得华东电网的调频控制及故障频率恢复形势非常严峻。而抽水蓄能机组调相运行就是让机组在抽水 and 发电空档期“空转”，补充电网所需的无功储备，当电网发生故障、电压跌落时，确保无功功率“供得上”，电网能够“稳得住”；抽水蓄能机组调相运行时还可快速转换为发电或抽水工况，被视为协助电网调频的良好辅助手段；同时，抽水蓄能机组调相运行产生的“空转”为电网提供了大容量机械转动惯量，能够起到很好的事故备用作用，保障电网安全运行。

三、抽水蓄能电站机组调相运行的可行性

国网湖南省电力有限公司电力科学研究院发布消息，宣称经过长达100h的调相运行试验，抽水蓄能电站具备长期稳定调相运行能力。虽然抽水蓄能电站仅仅是个例，抽水蓄能机组长期调相运行的安全性和稳定性还需要时间来验证和考验，但抽水蓄能机组100h调相运行试验的成功无疑在一定程度上验证了抽水蓄能电站机组调相运行的可行性。本文将从技术可行这一角度分析抽水蓄能电站机组调相运行的可行性。

1、调相为抽水蓄能机组标准工况。抽水蓄能机组发电调相和抽水调相均是标准工况，对其工况的要求涵盖在设计、制造、安装和调试过程中。截至目前，为满足基建交付要求，所有电站在调试期间都完成了发电和抽水调相工况国家要求的连续4h考核运行。因此，调相对于抽水蓄能电站而言，并非特殊工况，而是其基本工况之一。只不过已投运的电站参与无功调节的纯调相运行或作为电网旋转备用的运行次数和小时数都不多，特别是发电调相工况，大部分电站除了在基建考核运行，平时启停、转换次数和运行时间不多，因此，对于长期调相运行存在的问题了解不多、不深。加之各电站由于布置、设计、制造、安装及水动力特性上的唯一性，使得出现的问题和解决的方法亦缺乏可借鉴的案例。但鉴于调相工况为抽水蓄能机组的基本工况，只要通过长时间

运行来逐步解决运行过程中存在的问题，机组是可以具备长期稳定运行能力的。

2、控制策略上可实现调相机组在电网中长期稳定运行。当机组调相运行并网从电网吸收少量有功功率以维持机组在空气中转动，且无功指令为零，此时机组是以调相的方式运行。作为大型储能设备，抽水蓄能机组集发电、抽水、调相工况于一身，特有的机组启停及工况转换迅速的优势，赋予了其对电网有功和无功双向调控空间，同时为成组控制设计和拓展提供了许多可能，除了发电备用、负载备用、无功支撑等，也可以为电网能源结构的变化提供各种解决方案。设计上可以在成组控制的基础上，增加发电或调相机组台数设置，其系统将自动启动相应台数的机组到调相旋转备用状态，同时可以根据电网要求按优先序列在系统内设置相应的控制策略。有功优先，电网有发电需求时，发电调相机组自动转入发电；电网有抽水需求时，抽水调相机组自动转抽水。无功优先，在电网同时有有功和无功需求时，调相机组优先满足无功需求。运行时间限制，优先选择运行时间长的调相机组进行转换。同时，各电网和电站间可以相互协商，根据不同时段的实际需求，结合电站实际状况来制定、选择优先策略，自动适应电网的发展和变化。

抽水蓄能机组既可作为电源以发电方式运行，也可作为负载以抽水方式运行，同时还可以以调相方式运行，从电网吸收或发出无功功率或作为有功旋转备用，是电网最大的储能调控手段。目前国内绝大部分抽水蓄能电站，在面临因电网电源组成、电网结构和用户特性巨变所带来的对调相需求日益提高的现状时，其调相运行无论是次数还是时长仍较少，未能充分发挥机组调相的作用。而调相作为抽水蓄能机组的一个标准稳定工况，无论是从设计制造上，还是从控制实现上，都具备了长期稳定调相运行的可行性。

参考文献

- [1]郭佳伟,孙海明,刘军威,张起.抽水蓄能机组抽水调相工况转抽水工况流程优化[J].内蒙古电力技术,2019,37(06):73-75.
- [2]谷振富,尤莉莎,吴妍,刘健,邢京燕.张河湾电站机组调相压水过程详析[J].水电站机电技术,2018,41(12):4-5+15+87.
- [3]周攀,邓拓夫,秦俊.抽水蓄能机组调相压水系统设计与控制策略[J].水电能源科学,2017,35(09):147-149+176.
- [4]汪军元.抽水蓄能机组抽水调相与发电调相的异同[J].水电站机电技术,2015,38(11):23-24+74.