

水轮发电机组振动监控诊断系统

В·И·科列斯尼科夫等

现今，在解决保证水轮发电机组运行可靠性和经济性这一课题上，日益重要的因素是及时、精确地测定它的技术状态。此状态的基本指标之一，是铁心和结构部件的振动水平。水电站水轮发电机组运行经验表明，过高的振动值可能导致严重的事故。因此，查出部件运行中处于早期的故障，观察其发展动态就有可能减少机组被迫停机的机率和时间，并降低检修工作量和造价。为此，有必要由水电站运行人员对机组的振动情况做有效的观测。

按此目的，在安基然斯克水电站制成并运用了一个半自动化的水轮发电机组振动监控诊断系统，实现了寻找产生故障及振动明显升高的原因。该电站有四台悬吊式、立式水轮发电机组，单机容量为40MW，具有液压推力轴承，有两个发电机导轴承和一个水轮机导轴承。

该系统的功能结构是，有一个批量生产的测振仪BJH-3 (BKД-3)，它又包括三个水电动测振转换器；有一个测量装置以及由中亚电力工程局制作的振动诊断器YBДГ-1。

为了取得必要的诊断信息，在水轮发电机组上用专门的振动试验来预先确定：

机组上的、数量最少却足以确定机组振动状态的测振监控点；

每一测量监控点所独具的振动频谱；

以振谱分量为依据的、每一监控点的临界振动值；

运行状态，在此状态下推荐出进行诊断的程序。

在考虑到各个构件与铁心之间的机械联系并考虑了事先所进行试验的成果的情况下，确定出了监控点，以设置测振转换器。这些转换器又曾分为主要的(上机架；下机架；发电机定子；水轮机导轴承座)和辅助的(定子机座；发电机定子铁心；定子和下机架基础板)。依靠主要的监控点来评价振动状态。辅助测点则用于查清机组振动升高发生的原因(诊断)。每一监控点都配置了专门的装置以便有效而可靠地设置测振转换器以及由它引出的固定设置的电缆。这些电缆集中于机组外的某一处，把测振转换器与测振仪的测量部件联接起来。

当超过临界振动值时(机组运行工况按诊断要求进行，由主要监控点上的测振仪记录下来)，可用监控诊断算法寻找故障。监控诊断算法系针对测振的每一主要监控点而拟制，所依据的方法是顺序消除可能引起振动值升高的干扰力源。办法是定出各种运行工况，而各工况的特点则是具有一定的、作用到机组上的扰动力(负荷工况、空载无励磁工况、空载励磁工况和调相工况)。

当上机架上的振动值超过 $90\mu m$ (在“线性”范围内)时就可判断出现引起了振动值升高的某一故障，而且， $80\mu m$ 应属“往复”频率(0—5Hz)振动。在所有其它情况下，根据运行通令И-01-84，振动状态被认为是好的，亦即，机组继续正常运行。

径向振动增剧可以是机械或电气原因引起。为查明具体原因，可在空载无励磁、转速 $n = n_n$ 的工况下做进一步的测量。运行方

式应与水电站总工程师在计及电力系统内的工况下商议确定。

空载无励磁工况说明不存在电磁力的影响，因此，如果在该工况下，振动值实际不变（ $60\mu m$ 以上），则振动值升高的原因应从机械力的影响中去找。其中包括在机械不平衡度中去找。为此，要顺序测量：

发电机上导轴承范围内的大轴振动；

空载无励磁工况下、转速 $n = 1.1n_n$ 时的振动值，随后再将所得值与额定转速下的振动值对比；

定子基础的振动。测此为的是确定基础板固定的牢靠程度以及上机架止推千斤顶的拉力；

定子机座上的振动，以确定上机架与定子机座联结牢固与否。

引起振动增剧的电磁不平衡力的作用，则在对定子和转子之间气隙内线圈的电动势的示波图（空载励磁工况下获得）进行分析中来确定。

机组部件其它主要监控点同样也按前述算法进行分析。

用监控诊断算法来测量、分析机组振动状态的上述进行方式，要求本监控诊断系统的运行人员有一定的经验（按照专门的规程运行）。这样，他们在实际运用中会感到一些不方便。

基于此情况，根据水电站运行人员的订货，研究并制做成了试验性质的水轮发电机组振动诊断装置，意在使监控诊断算法的进行半自动化。

此装置是一装有光指示灯的控制盘，能显示出必须进行测量的频率范围、临界振动值、各部件可能发生的故障、水轮发电机组进一步运转的建议，以及运行人员改变机组工况的作用，还有用于进行检索各阶段故障的键盘。

该装置的结构可分为5个主要部件：键盘；操纵部件；工况选择部件；演算部件和

显示部件。

所有的部件均有一定的职能并相互密切联系。

操纵部件的职能是把从键盘到演算部件的信号进行分配。它是三块控制板加上一些逻辑元件。

演算部件使本装置能实现使键盘按钮及光指示灯连锁的操作顺序，此顺序又保证运行人员进行机组振动诊断时有一定的程序。

在工况选择部件内形成一些信号，标志演算部件的相应插件已投入运转。演算部件内共有17个插件，每一插件均可处于8种铁心状态中的某一种。这些铁心状态又被用来使显示部件的键盘和光指示灯的相应按钮连锁。按相应按钮就可由一插件状态转换成另一状态。

键盘是用来帮助运行人员明确本装置是否完成亮出的指令。这同时又是一个信号，表明过渡到了下一振动诊断阶段。键盘有49个键，位于本装置的面板上，紧靠与它们相应的指示灯。

指示部件向运行人员顺序发出：在振动诊断过程中进行测量的指示，选择工况的建议，以及进行专门研究的要求。指示部件有80个光指示灯，位于本装置的面板上，并按其用途分为辅助的，信息的，指挥的和诊断的这几种。辅助指示灯保证运行人员可以选择本装置的工况，告诉他本装置工作所必需的信息。指挥和信息指示灯的用途与其名称同，即，给出诊断过程的信息，对操作者给出《测量》、《对比》、《检查》这样的训令。诊断指示灯把测量加工的成果告诉操作者，亦即，根据诊断部件上的搜索图提出与临界振动值发生偏离的原因。所有指示灯均按演算部件发来的信号而燃亮。

使用振动监控诊断装置进行水轮发电机组振动状态之测量和分析的程序，可以以上机架监控诊断算法为例而确定出来。

接通本装置并选定机组的工况之后（相当于指示灯《搜寻》的键），在振动诊断装置盘上亮起信息，按此信息，操作者就应用测振仪 $B\text{ЛH}-3$ ($BK\text{Л}-3$) 在上机架《线性》范围内按径向（《上机架径向分量》）进行测量，并将测振仪的刻度指示与给定的临界值（ $S < 90 \mu m$ 或 $S > 90 \mu m$ ）进行对比。按 $S < 90 \mu m$ 的按钮时，在诊断盘上亮起《正常运转》和《搜寻終了》的指示灯，这证明，上机架的振动水平尚可。再按相当于《搜寻終了》这个指示灯的按钮时，就过渡到定子监控诊断的计算。

如果上机架径向振动在《线性》范围内超过 $90 \mu m$ ，则按本装置面板上的《 $S < 90$, $S > 90$ 》指示灯附近的相应按钮时，就会亮起《搜寻》，《上机架》，《上机架径向分量》，《 $0-5$ 》，《 $S < 80$, $S > 80$ 》这些指示灯，它们表明，必须测《 $0-5 \text{ Hz}$ 》频率范围内的振动。为此，在测振仪上记下此频率范围内的振动值。按《 $S < 80$, $S > 80$ 》指示灯附近的相当于该振动值的按钮之后，就亮起重新组合的一些指示灯，指示出操作者随后的动作。故障寻找程序继续进行直到《搜寻終了》指示灯亮起为止。

在运转状态下进行故障搜寻的过程中可能会发生这样的情况，即，在寻找故障发生原因时，要求指定试验工况。有关进行这些试验工况的信息，在实现上机架监控诊断算法的过程中可由指示灯《空载无励磁工况 $n = n_H$ 》或《调相工况》以及同时亮起的指示灯《搜寻終了》来保证提供。在运行日志上记下指定试验工况的必要性。按《搜寻終了》按钮，并依据发电机其它部件算法来继续进行机组振动状态诊断。

水轮发电机组可能出现空载或调相工况时，在振动诊断装置 $YB\text{ЛГ}-1$ 上按《空载无励磁工况 $n = n_H$ 》或《调相工况》指示灯按钮，并依据亮起的指示灯，对所研究的部件实施按照监控诊断算法建议的程序。

这样，用水轮发电机组振动诊断装置，按前述程序，在机组各部件上用测振仪 $B\text{ЛH}-3$ ($BK\text{Л}-3$) 进行专门的测量，就可以适时地发现可能引起振动值升高的故障，观察这些故障的发展动态，并提出消除故障的预防措施。

在安基然斯克水电站，我们建议在每年4月和8月进行定期振动测量，即检修前后。此外，为了积累统计资料，建议每星期在机组带负荷工况下，对上机架和水轮机轴承座做一次径向振动测量。

整个系统只需水电站的一位运行人员操作。其职责是把测振转换器由一监控点移至另一个点，相应地转换量程，记下测振仪 $B\text{ЛH}-3$ ($BK\text{Л}-3$) 上的读数，并在振动诊断装置上进行搜寻操作。该系统已投入试验运行。正在实际条件上确定其使用效果。

结论 利用水轮发电机组振动监控诊断系统和振动诊断装置 $YB\text{ЛГ}-1$ ，可以对水轮发电机组的振动状况作出评价，及时查出故障的发生，使监控部件的振动恢复至基值，实现了预防事故的原则，提高了设备利用率。

曹竹薰 译
黄孟墨 校

