电力系统调频计算

摘要

本文针对典型双机并联供电系统，详细推导了系统频率调节过程中发电机组输出及系统频率的变化规律。通过对调差系数和频率调节系数的定量分析，计算系统负荷突增或突减时，频率及两台发电机组输出的响应。研究结论为工程实际负荷调度与频率控制提供了理论支持。

关键词：调频；调差系数；系统负荷；发电机输出；频率变化

一、引言

电力系统频率调节关系到电网安全和负荷质量，两台或多台发电机组并联运行时，调差系数和系统调节能力决定了频率变化及各机组的负荷分配。本文以典型系统参数为例，定量分析不同负荷扰动下机组出力和系统频率的变化过程。

二、基础参数与模型

2.1 主要参数

A机组：容量 $P\_{A,rated}=500 MW$，调差系数 $R\_{A}=0.04$ B机组：容量 $P\_{B,rated}=400 MW$，调差系数 $R\_{B}=0.05$ 系统负荷频率响应系数 $K\_{D}=1.5$ 额定频率 $f\_{0}=50 Hz$ 基准工况（$P\_{D}=600 MW$): $P\_{A}=500 MW$, $P\_{B}=100 MW$, $f=50 Hz$

三、调频原理与公式推导

3.1 发电机组调差特性

发电机调速器输出变化与频率偏移关系：

$$ΔP=−\frac{P\_{rated}}{R}⋅\frac{Δf}{f\_{0}}$$

$R$：调差系数（p.u.） $Δf$：系统频率变化量

3.2 并列机组功率分配

对于A、B两机组并列，负荷扰动 $ΔP\_{D}$ 时，频率变化量为：

$$Δf=−\frac{ΔP\_{D}}{K\_{A}+K\_{B}+K\_{D}}$$

其中：

$$K\_{A}=\frac{P\_{A,rated}}{R\_{A}⋅f\_{0}} K\_{B}=\frac{P\_{B,rated}}{R\_{B}⋅f\_{0}}$$

系统调节能力总合：

$$K\_{sum}=K\_{A}+K\_{B}+K\_{D}$$

3.3 各机组出力变化

$$ΔP\_{A}=K\_{A}⋅Δf$$

$$ΔP\_{B}=K\_{B}⋅Δf$$

四、具体数值计算与分析

4.1 计算各机组调节能力

$$K\_{A}=\frac{500}{0.04×50}=\frac{500}{2}=250$$

$$K\_{B}=\frac{400}{0.05×50}=\frac{400}{2.5}=160$$

$$K\_{D}=1.5$$

$$K\_{sum}=250+160+1.5=411.5$$

4.2 工况1：系统增加50MW负荷

负荷扰动：$ΔP\_{D}=+50 MW$

（1）频率变化

$$Δf=−\frac{50}{411.5}≈−0.1215 Hz$$

$$f\_{1}=50+Δf≈49.88 Hz$$

（2）A、B机组出力变化

$$ΔP\_{A}=250×\left(−0.1215\right)=−30.37 MW$$

$$ΔP\_{B}=160×\left(−0.1215\right)=−19.44 MW$$

负号表示机组出力增加。

（3）最终各机组出力

$$P\_{A,1}=500+30.37=530.37 MW$$

$$P\_{B,1}=100+19.44=119.44 MW$$

系统频率约为 $49.88 Hz$，A机组输出 $530.4 MW$，B机组输出 $119.4 MW$。

4.3 工况2：系统切除50MW负荷

负荷扰动：$ΔP\_{D}=−50 MW$

（1）频率变化

$$Δf=−\frac{−50}{411.5}=+0.1215 Hz$$

$$f\_{2}=50+0.1215=50.12 Hz$$

（2）A、B机组出力变化

$$ΔP\_{A}=250×0.1215=+30.37 MW$$

$$ΔP\_{B}=160×0.1215=+19.44 MW$$

出力实际为减少（系统功率平衡）。

$$P\_{A,2}=500−30.37=469.63 MW$$

$$P\_{B,2}=100−19.44=80.56 MW$$

系统频率约为 $50.12 Hz$，A机组输出 $469.6 MW$，B机组输出 $80.6 MW$。

五、结果分析与工程意义

系统负荷增加，系统频率下降，机组出力自动分担增加负荷，分配与各自调差能力成正比； 系统负荷减少，频率升高，机组出力自动下调，分配同理； 系统频率调节能力越大（$K\_{sum}$大），频率波动越小，运行更稳定。