

小电力系統中启动大容量 感应电动机問題

成都电业局調度所編

水利电力出版社

內 容 提 要

本書介紹成都電力系統啟動大容量感應電動機的經驗，書內敘述了該電力系統的容量和接綫情況，在系統中啟動的大容量電動機的技术数据，啟動前各参数的計算方法和准备工作，以及啟動时的实际記錄数据。

本書可供小電力系統的运行人員，施工現場管理动力設備的技术人員参考。

小電力系統中启动大容量

感應电动机問題

成都電业局調度所編

*

2012D576

水利电力出版社出版（北京西郊科學路二里溝）

北京市書刊出版業營業許可証出字第105号

水利电力出版社印刷厂排印 新华書店发行

*

787×1092 $\frac{1}{2}$ 开本 * $\frac{1}{4}$ 印張 * 6千字

1959年3月北京第1版

1959年3月北京第1次印刷(0001—3,100册)

統一書号：15143·1597 定价(第9类)0.05元

前 言

1958年是我国以鋼为綱全民跃进的年代，各地区的工业在元帅工业带动下都以飞跃速度发展，用电量不断增加，因此电力工业要真正当好先行，必須迅速赶上去。在各种工业发展中，尤其是在較小的系統，将要安装大容量的用电设备。由于运行人員缺乏經驗，不难想象，将会遇到各式各样的新問題，譬如，在小电力系統中启动大容量的感应电动机，在我們系統里，经过技术計算和采取了一些措施，順利地启动成功。其他小电力系統可能碰到类似的情况，为此將我們的計算和准备情况介紹出来，不一定是成熟的經驗，只供参考并希帮助指正。

1958年上半年成都电力系統只有6台小容量机組安装在六个发电厂，由35千伏网络連接起来，总的可能出力为15,000瓩。当时成都热电厂正在扩建，加装大容量的机組，在新机投入运行前，需要开动2,000瓩高压感应电动机带动的給水泵。由于系統小，負荷重，在小系統中启动这样大的电动机沒有經驗，因此思想上存在一定的顧慮，怕启动电流大，电压降落太多，会用掉負荷或造成系統解列，曾有人提出经过升压变压器或电抗器来启动，以便限制电流，但后来经过研究和計算，并采取了一些措施，在系統輕負荷較輕时順利地直接启动成功了。

一、技术数据

1. 系統机組容量及接綫情况如图1所示(电动机在A发电厂启动)。

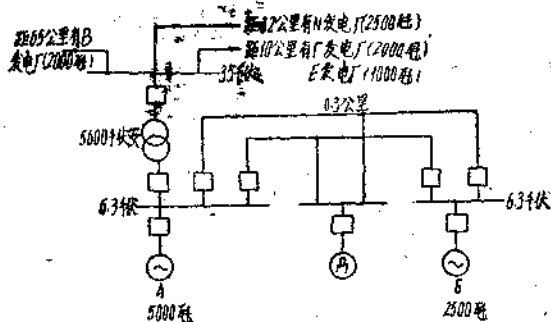


图 1

2. 电动机数据: 型式ATM-2000-2, 2000瓩, 6.0千伏, 225安, 2975轉/分, 力率0.85, 启动电流 1,200 安, 启动時間 10秒左右。

3. 电动給水泵数据: 型式 5H10, 出力 270 立方公尺/小时, 揚程 1,580公尺水柱 $\pm 30\%$, 轉速 2,970 轉/分, 所需功率 1,700瓩, 进水压力 5公斤/平方公分, 出力压力 150 公斤/平方公分。

4. 系統負荷情况: 白天負荷 $W = 12,600 - j 12,000$ 千伏安, 晚上高負荷 $W = 15,500 - j 9,000$, 下半夜負荷 $W = 11,000 - j 10,500$ 千伏安。

二、有关計算

1. 計算启动时A、B 两发电厂 6.3 千伏母綫电压值: 为了計算簡便起見, 假設主要启动电流由 A、B 两发电厂供給, 其余发电机因距离較远, 阻抗大, 影响較小, 故略去不計。

計算时系統接綫如图 2 所示, 自发电机至电动机距离約 300

公尺，因此此段线路阻抗可忽略不计。

由于电动机容量较大，当电动机启动时，电压初值可按公式(1)计算，

$$U = \frac{X_g \cdot E'_{d\Sigma}}{X'_{d\Sigma} + X_g} \quad (1)$$

式中 X_g ——电动机启动电抗；

$X'_{d\Sigma}$ ——系统瞬变电抗总和；

$E'_{d\Sigma}$ ——发电机瞬变综合电势（为简化计算采用母线电压）；

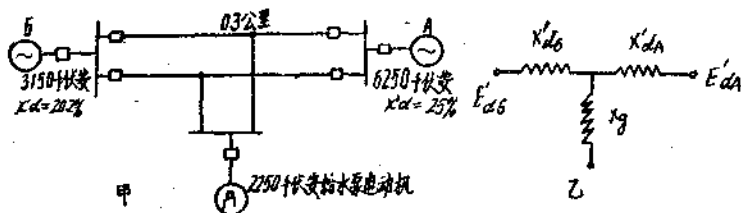


图 2

甲—网路一次接线；乙—电抗等价回路。

为了核算电动机启动时电力系统容量的变化情况，故计算2,000瓩电动机启动容量 p_g ，用启动电流求得：

$$\begin{aligned} p_g &= \sqrt{3} \cdot U_n \cdot I_g = \sqrt{3} \cdot 6.3 \times 1,200 \\ &= 13,100 \text{ 千伏安} \end{aligned} \quad (2)$$

式中 I_g ——电动机启动电流（自说明书查得，若没有说明料可估计为额定电流的6~7倍）。

启动容量为电动机额定容量的倍数：

$$K_g = \frac{p_g}{p_n} = \frac{13100}{2250} = 5.81 \quad (3)$$

启动时电动机电抗：

$$X_g = \frac{1}{K_g} = \frac{1}{5.81} = 0.173 \quad (4)$$

2. 計算步驟

(1) 將各參數變換成標么值，以便計算：

$$X_{g*} = X_g \frac{W_g}{W_{bd}} = 0.173 \frac{100}{2.25} = 7.70 \quad (5)$$

式中 W_g ——計算的基準容量，以100兆伏安計算。

$$X'_{d\delta*} = X'_{d\delta} \frac{W_B}{W_{HA}} = 0.25 \frac{100}{6.25} = 4.00 \quad (6)$$

$$X'_{dE*} = X'_{dE} \frac{W_B}{W_{HE}} = 0.202 \frac{100}{3.125} = 6.48 \quad (7)$$

計算等價網絡如图3

$$X'_{a\Sigma*} = \frac{X'_{dE*} \cdot X'_{dA*}}{X'_{dE*} + X'_{dA*}} = \frac{6.48 \times 4}{6.48 + 4} = 2.48 \quad (8)$$

(2) 計算起動時電動机电壓百分数：

$$U\% = \frac{U_n \cdot X_{d*}}{X_{d*} + X'_{a\Sigma*}} = \frac{1 \times 7.70}{7.70 + 2.48} = 75.5\% \quad (8)$$

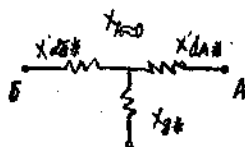


图3

通过計算启动时系統电压降落，一方面可以考慮对系統及用戶电压保护的影響，另一方面可根据此数值來考慮电动机能否启动。

(3) 計算电动机启动时各机組启动电流的分配。

从已知的启动电流数值，按阻抗分配方法来求出每一支路供出的电流。由于当时系統結綫比較复杂，不能詳細的把整个計算过程列出，現用简单例題說明計算步驟。

假設有一系統，电抗等價網絡如图4所示。图中电抗数值

是各支路电抗标么值的总和（包括了发电机，变压器，线路），发电机是采用次瞬态电抗 X''_d 计算（由于缺乏瞬态电抗 X'_d 参数，2台发电机的瞬态与次瞬态电抗的比例差不多是相等的，故我们采用 X''_d 计算）。

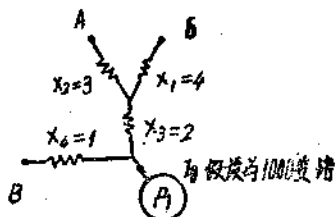


图 4

计算中假设瞬态电势 E'_d 是恒定的。

步骤 1 计算各支路分布系数：

$$X_{AB} = \frac{X_1 \cdot X_2}{X_1 + X_2} = \frac{4 \times 3}{4 + 3} = 1.72.$$

$$A \text{ 支路分布系数 } C_A = \frac{X_{AB}}{X_2} = \frac{1.72}{3} = 0.572,$$

$$B \text{ 支路分布系数 } C_B = \frac{X_{AB}}{X_1} = \frac{1.72}{4} = 0.428.$$

$$X_{AB3} = X_{AB} + X_3 = 1.72 + 2 = 3.72,$$

$$X_{AB \cdot 2 \cdot 1} = \frac{1 \times 3.72}{1 + 3.72} = 0.788.$$

$$B \text{ 支路分布系数 } C_B = \frac{X_{AB \cdot 2 \cdot 1}}{X_1} = \frac{0.788}{1} = 0.788,$$

$$A、B \text{ 支路分布系数 } C_{AB} = \frac{X_{AB \cdot 2 \cdot 1}}{X_{AB3}} = \frac{0.788}{3.72} = 0.212.$$

步骤 2 计算各机组供出的起动电流数值：

$$A \text{ 机供出电流 } I_{g1} = I_g \times C_{AB} \times C_A = 1,000 \times 0.212 \times 0.572 = 121 \text{ 安},$$

$$B \text{ 机供出电流 } I_{g2} = I_g \times C_{AB} \times C_B = 1,000 \times 0.212 \times 0.478 = 91 \text{ 安},$$

B机供出电流 $I_{g3} = I_g \times C_B = 1,000 \times 0.788 = 788$ 安。

$$I_g = I_{g1} + I_{g2} + I_{g3} = 121 + 91 + 788 = 1,000 \text{ 安。}$$

以上只是各发电机供给的起动电流，实际上还应该考虑当时发电机供出的负荷电流。

由于假设瞬变电势不变，故此可以用代数和方法把各机组

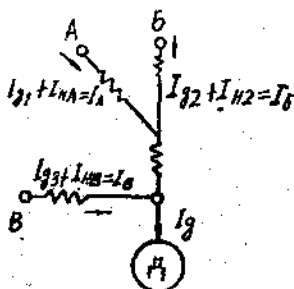


图5

供出的起动电流和供出的负荷相加起来(见图5)。

通过电流分布计算，算出各支路的电流，就可以利用这电流来核对各点继电保护装置的电流整定数值，供调度员考虑起动前系统负荷的分配。

成都电力系统各机组启动电流分布计算结果及电动机启动时实际记录的数值如后表所示。

三、启动前准备工作

启动前有人提议在电动机前串联一线路电抗器，来限制起动电流和提高发电厂母线的电压，但是通过计算后认为效果不大，相反的可能延长电动机的起动时间，其计算如下：

拟采用 PB-6-600-3 型电抗器，其运行电压 6.3 千伏，标么电抗 0.438。

电动机启动时 I、II 两点电压降压为：

$$U_1 = \frac{U_N \times X_{g*}}{X_{g*} + X'_{\Sigma*} + X_{P*}} = \frac{1 \times 7.7}{7.7 + 2.48 + 0.438} \% = 72.9\%$$

$$U_i = \frac{U_H(X_{g*} + X_{p*})}{X_{g*} + X'_{ds*} + X_{p*}} = \frac{1 \times (7.7 + 0.438)}{7.7 + 2.48 + 0.438} \% \\ = 76.5\%$$

以 U_i 点(电动机端点)电压来与公式(8)计算结果相比较, 还要降低了2.6%(75.5% - 72.9% = 2.6%), 而发电机母线电压只提高了(76.5% - 75.5%), 经考虑还是没有采用串联电抗器起动, 但采用了以下措施:

1. 按计算结果, 将欠压闭锁过流保护电压定值调整到比计算电压降落数值还小, 并核对是否满足短路时残余电压的要求及考虑用户低压保护整定值。

2. 根据启动电流与负荷电流分布情况, 改变各过流保护定值。若因为电流整定值提高后影响灵敏度不能满足要求时, 可在电动机启动时提高, 启动后还原。

3. 在临起动时, 把离将启动的电动机近的、负担起动电流较多的发电机的负荷尽量移至较远的机组担负。

四、启动时实际记录数据

我们选定下半夜系统负荷较轻时(系统有功负荷10,500瓩, 无功负荷10,300千伏安)进行启动, 采取直接启动方式。连续进行了三次启动, 系统未因电压下降甩掉负荷, 各处观察记录数字列于下表:

从表中得知发电厂A电压下降较多, 计算启动时电压为75.5%, 实际为75%, 启动电流分布与计算亦相符合(将计算电流加启动前运行电流约等于启动时的电流), 总启动电流为1250安(6.3千伏), 历时6.5秒。

从以上各点来看, 根据简单计算可以概略知道各点电压及

发电厂		額定值		启动前运行数据			启动电 流分布 計算数 值(安)	启动时变化情况		
代 号	容 量 (兆瓦)	电 流 (安)	电 压 (千伏)	有功率 功率 (兆瓦)	电 压 (千伏)	电 流 (安)		有功率 功率 (兆瓦)	电 压 (千伏)	电 流 (安)
A	5.0	523	6.9	2.2	6.4	390	522	7.0	4.8	900
B	2.5	287	6.3	1.1	6.5	254	334	2.0	5.9	600
B	2.0	230	6.3	1.8	6.5	175	76.2	1.9	6.2	253
Г	2.0	411	3.3	1.9	3.3	370	137	2.5	2.95	500
Е	1.0	219	3.3	0.9	3.3	180	95	1.2	3.0	240
И	2.5	287	6.3	2.4	6.5	250	149	2.9	6.15	400

电流,从而可决定該电动机能否在系統中启动(殘压不低于50%~60%即可),并可决定各点繼电保护定值及提供启动时調度員分配負荷的根据。