

以电流为判据的厂用电源快切原理及实现

艾德胜

(国电南京自动化股份有限公司, 江苏 南京 210003)

摘要: 分析了发电厂厂用电源现有快切装置的现状和依据, 提出了通过计算备用电源电压和母线残压之间的差拍电压有效值与断电后母线残压初始频差的乘积, 以预测冲击电流的大小, 并以此为判据的快切新原理。该方法综合了现有方案的长处, 可避免单一参数(频率差、相角差或电压差)不满足就闭锁快切的弊端。以 135 MW 和 300 MW 机组为例, 给出了切换时的实录数据, 结果表明: 该方法可最大限度地发挥快切的功能, 提高快切成功率及切换质量。

关键词: 厂用电源; 快速切换; 冲击电流; 切换判据; 差拍电压

中图分类号: TM 62

文献标识码: A

文章编号: 1006-6047(2006)06-0085-04

1 现有快切装置的判据^[1-2]

现有快切装置中, 快切的判据基本上分为 2 类: JCBZ-1 型集成电路备用电源自投装置^①单纯以差拍电压 ΔU 为判据, 在工作开关跳开瞬间只要压差不超过整定值, 立即合上备用开关; SID-8 BT 型多微机同期快切复用装置等设备^{②~⑤}以相角差 $\Delta \varphi$ 和频率差 Δf 为判据捕捉同期点。这些装置都是在文献[3]的等效电路和假设条件下, 以备用开关合上时 ΔU 在电动机电抗 X_m 上的分压 $\Delta U X_m / (X_s + X_m)$ 不超过电动机的耐受电压为判据。

2 以电流为判据的快切原理

上述文献的等效电路中忽略了电动机转子电阻, 实际上是电动机起动时的等效电路。而快切时, 电动机仍在运行, 且速度下降不大, 转子电阻在回路阻抗中占主要地位, 不能忽略。考虑转子电阻以后, 发电厂厂用电源快切的等效电路如图 1 所示。

图中, SA 为备用电源开关; U_s 为备用电源电压; U_m 为工作母线残压; ΔU 为备用电源和残压之间的差拍电压; X_s 为备用电源的等值电抗; X_m 为电动机的等值电抗; R_2 为电动机折算到定子侧的转子电阻; s 为合闸时电动机的转差率。

由于快切包括 2 次过渡过程: 第 1 次是工作电源突然断开时, 由转子中产生的非周期分量电流维持电动机残压; 第 2 次是备用电源突然合上时, 在转子中感生出转差频率的低频电流, 定子磁场和转子电流相互作用, 将电动机拉入正常转速的过程。其间电磁过程的表达式比较复杂, 这里只从等效电路入手, 分析冲击电流的周期分量有效值 I (简称冲

击电流有效值) 与影响它的各个因素之间的关系。

根据快切等效电路, 合上备用电源时产生冲击电流的电压为 ΔU 。

令 $Z_m = R_2 / s + jX_m$, $\beta = Z_m / (Z_m + X_s)$, 可得:

$$X_s = \frac{1-\beta}{\beta} Z_m \quad (1)$$

$$\Delta U = IX_s + IZ_m = I \frac{1-\beta}{\beta} Z_m + IZ_m = I \frac{1}{\beta} Z_m$$

$$I = \frac{\beta \Delta U}{Z_m} = \frac{\beta \Delta U}{\sqrt{X_m^2 + (R_2/s)^2}} \quad (2)$$

式中 Z_m 为等效电动机阻抗; β 为分压系数; I 为冲击电流有效值。

在电动机运行时, 电阻是主要的, 忽略电抗, 得:

$$I = \frac{\beta \Delta U}{R_2/s} = \frac{\beta \Delta U s}{R_2} \quad (3)$$

在电动机断电前, R_2/s_0 和电动机断电前的阻抗 Z_{m0} 很接近 (即 $R_2 \approx Z_{m0}s_0$), s_0 为电动机断电前的转差率。而

$$I = \frac{\beta \Delta U s}{Z_{m0}s_0} = \frac{\beta \Delta U (s/s_0)}{Z_{m0}} \quad (4)$$

由式(4)可知: 当 Z_{m0} 一定时, I 与 ΔU 及合闸时的转差率对断电前的转差率比值 s/s_0 成正比。由于等效电动机的阻抗在快切过程中不会变化, 当冲击电流有效值一定时, ΔU 和 s/s_0 成反比, 即 ΔU 越小, 允许的 s/s_0 越大 (断电瞬间 ΔU 最小, 允许 s/s_0 最大); 当冲击电流有效值和 ΔU 一定时, s/s_0 也一定, 即断电前转差率大的电动机允许备用电源合闸时的转差率也大, 即断电前转差率较大 (断电

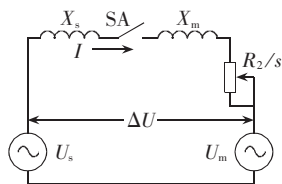


图 1 厂用电源快切等效电路
Fig.1 Equivalent circuit of house supply fast transfer

①南京电力自动化设备总厂. 集成电路电力主设备保护原理说明书 (JCBZ-1 型集成电路备用电源自投装置), 1991.

②深圳市智能设备开发有限公司. SID-8BT 型多微机同期快切复用装置, 2004.

③东大金智软件股份有限公司. MFC2000-2 型微机厂用电快速切换装置技术说明书, 2004.

④国电南京自动化股份有限公司. WBKQ-01B 微机备用电源快速切换装置技术说明书, 2005.

⑤ABB. 快速切换控制装置 SUE3000 产品说明书, 2005.

后初始频差较大)的电动机也有较充裕的时间允许快切,这对快切很有利。

电动机的阻抗随负荷变化而变化,在断电前

$$Z_{m0} = U_{bus0} / I_{bus0} \quad (5)$$

式中 U_{bus0} 为工作开关跳开前的工作母线电压; I_{bus0} 为工作开关跳开前的工作母线电流; Z_{m0} 为断开前与整个母线系统等效的电动机阻抗。

将式(5)代入式(4),分子、分母同乘系统的额定频率 f_N ,则冲击电流有效值的表达式为

$$I = \frac{\beta \Delta U s f_N I_{bus0}}{U_{bus0} s_0 f_N} = \frac{\beta \Delta U \Delta f I_{bus0}}{U_{bus0} s_0 f_N} \quad (6)$$

上式中除断电前的转差率 s_0 外,都是确定的或可以测量到的,下面讨论如何确定 s_0 。

由文献[4]可知:异步电动机突然失电前后,机端电压的频率将突然变化;如断电前异步电动机运行在 $s=s_0$ 的状态下,断电后机端电压(残压)频率将由 50 Hz 突降为 $(50-50s_0)$ Hz,而 $f_N s_0 = 50 s_0 = \Delta f_0$, Δf_0 即为断电后的初始频差。则

$$I = \frac{\beta \Delta U \Delta f I_{bus0}}{U_{bus0} \Delta f_0}$$

设备用分支过流保护的电流定值为 I_{oc} ,快切时允许的冲击电流有效值为

$$I = I_{oc} / k \quad (7)$$

式中 k 为可靠系数, k 大于 1。

则

$$\frac{\beta \Delta U \Delta f I_{bus0}}{U_{bus0} \Delta f_0} < \frac{I_{oc}}{k}$$

即

$$\Delta U \Delta f < \frac{I_{oc} U_{bus0} \Delta f_0}{k \beta I_{bus0}} \quad (8)$$

上式中 I_{oc} 和 k 为整定值, U_{bus0} 和 I_{bus0} 的值由工作开关跳开前的工况决定, ΔU 、 Δf 可以由快切装置测出并算出 $\Delta U \Delta f$ 的值。

由于 $\beta < 1$, $k > 1$,令 $\beta k = 1$,式(8)化简为

$$\Delta U \Delta f < \frac{I_{oc} U_{bus0} \Delta f_0}{I_{bus0}} \quad (9)$$

即当 $\Delta U \Delta f < I_{oc} U_{bus0} \Delta f_0 / I_{bus0}$ 时,将快切开放;当 $\Delta U \Delta f \geq I_{oc} U_{bus0} \Delta f_0 / I_{bus0}$ 时,将快切闭锁。

即除了限制冲击电流有效值的整定值 I_{oc} 外,其他各项都可以由快切装置本身测量确定,由此可知快切的整定值是根据运行情况确定的。对上述判据适当简化后,仍能用于现有装置。因为在转差率 $s=0$ 附近的 s 和转矩成线性关系,即 s 与 I_{bus0} 成线性关系, $\Delta f_0 / I_{bus0}$ 是一个常数或变化不大的数。特殊地,在额定情况下($U_{bus0} = U_N = 1$, $I_{bus0} = I_N = 1$)跳开工作开关时,测得的 Δf_0 也就是与额定转差率 s_N 相对应的额定频差 Δf_N ,快切整定值则变成

$$\Delta U \Delta f < I_{oc} \Delta f_N \quad (10)$$

单台电动机额定转差率可由铭牌数据查出额定转速进行计算,将工作母线所有负荷用一台等效电动机代替,计算额定转差率最好的方法是试验,若试验有困难,可通过计算母线上所有电动机额定转差率

的加权平均值作为等效电动机的额定转差率。

$$s_N = \frac{s_1 w_1 + s_2 w_2 + \cdots + s_n w_n}{w_1 + w_2 + \cdots + w_n}$$

式中 $s_1 \sim s_n$ 分别为 n 台电动机的单台额定转差率; $w_1 \sim w_n$ 为各电动机相应的额定功率。

例如: $s_N = 2\%$,则 $\Delta f_N = 1$ Hz,如 I_{oc} 取 2,则 $\Delta U \Delta f = 2$ Hz(电压用标么值)或 $200 \text{ V} \cdot \text{Hz}$ (电压用有名值)。若 $\Delta U \Delta f$ 整定为 $200 \text{ V} \cdot \text{Hz}$,该整定值可分解为 $200 \text{ V} \times 1 \text{ Hz}$ 、 $100 \text{ V} \times 2 \text{ Hz}$ 、 $66.7 \text{ V} \times 3 \text{ Hz}$ 、 $50 \text{ V} \times 4 \text{ Hz}$ 等,其范围相当宽,只要备用开关足够快(合闸时间小于 100 ms),在工作开关跳开后,立即合上备用开关,并且满足分解出的判据之一,就能满足 $\Delta U \Delta f < 200$ 的判据,快切就能成功。但是,这并不意味着快切对频率 Δf 没有限制,由文献[5]可知:在稳定运行区域,异步电动机 s 的极限是临界转差率 s_m (能稳定运行的最大转差率)。电动机额定转差率 s_N 为 s_m 的 $1/3 \sim 1/2$,即在稳定运行范围内,频差 Δf 的极限是 $2 \sim 3$ 倍额定频差 Δf_N 。

上述判据从物理概念上也是容易理解的:快切有纯粹以 ΔU 为判据的方案,也有角差 $\Delta \varphi$ 加频差 Δf 的方案,只是实现方法的差异, $\Delta U \Delta f$ 的方案综合了 2 个方案的长处,避免了单一参数不满足就闭锁快切的弊端,这样可以最大限度地发挥快切的功能,提高快切成功率和切换质量。

在掌握大量数据,了解 ΔU 、 Δf 的变化规律后,作为判据的式(10)还可以简化。

例如,假设在备用开关合闸时间内,电动机的转差率不会大于临界转差率,如 $2s_N$,式(10)可写成

$$\Delta U < \frac{I_{oc} \Delta f_N}{\Delta f} = 0.5 I_{oc} \quad (11)$$

如果 I_{oc} 仍取 2,则 ΔU 的整定值为 100 V,这就是 JCBZ-1 型集成电路备用电源自投装置^①在 20 世纪 90 年代初用的判据。

假设在备用开关合闸时间内,备用电源和残压之间的向量差 ΔU 不会大于额定电压(100 V,标么值为 1),式(10)可以写成

$$\Delta f < \frac{I_{oc} \Delta f_N}{\Delta U} = I_{oc} \Delta f_N \quad (12)$$

若 I_{oc} 仍取 2, Δf 的整定值就是 $2\Delta f_N$,这就是目前大多数快切装置使用的判据之一。

如果上述 2 个假设都成立,则无需判据,只要备用开关合闸速度足够快(合闸时间小于 100 ms),就能满足冲击电流有效值小于 2 倍额定电流。

3 新判据在不同容量机组上的实现

从异步电动机电的特性曲线可知,在异步电动机空载时,转差率 s 接近于 0,随着负载的增加,转速略有降低,转差率随负载的增加而增加。一般额定负载时,转差率约为 $1.5\% \sim 5\%$,其中小的数字用于大容量的电动机^[6],即,在相同的负荷(标么值)下,机组容量越大,初始频差越小,另一方面,对于同一

^①南京电力自动化设备总厂,集成电路电力主设备保护原理说明书(JCBZ-1 型集成电路备用电源自投装置),1991。

台机组,由于转差率随负荷增大而增大,所以初始频差既与机组容量有关,也与断电前的负荷有关。

因篇幅所限,下面只分别讨论 135 MW 机组和 300 MW 机组的快切整定值。为确保安全切换, I_{oc} 取 2 倍额定电流。

3.1 135 MW 机组

江苏宜兴某电厂 135 MW 机组数据,以及工作开关跳开后至备用电源投入前的 $\Delta U \Delta f$ 值如表 1 所示。由表 1 数据可知满足残压判据,备用电源自投成功。

在极坐标上, $\Delta U \Delta f$ 的轨迹是一条起点接近坐标原点开始的螺旋线,在满足残压条件之前能看出成发散的趋势;残压 U_m 的轨迹是一条终点接近坐标原点的螺旋线,如图 2 所示(图中实线为 $\Delta U \Delta f$ 轨迹,虚线为 U_m 轨迹;图 3 同)。

开关跳闸前, $U_{bus0}=104\text{ V}$, $I_{bus0}=0.95$, $\Delta f_0=1.27\text{ Hz}$,

快切整定值 $\Delta U \Delta f=I_{oc} U_{bus0} \Delta f_0 / I_{bus0}=2 \times 104 \times 1.27 \div 0.95=278(\text{V} \cdot \text{Hz})$,取 $250\text{ V} \cdot \text{Hz}$ 。

3.2 300 MW 机组

山西某电厂 300 MW 机组数据,以及工作开关跳开后至备用电源投入前的 $\Delta U \Delta f$ 值如表 2 所示。

由表 2 数据可知,备用电源由同相切换成功。 $\Delta U \Delta f$ 和 U_m 的轨迹如图 3 所示。

开关跳闸前, $U_{bus0}=102\text{ V}$, $I_{bus0}=1.66\text{ A}$, $\Delta f_0=1.1\text{ Hz}$; 机组满载时 $I_{bus}=1.75\text{ A}$,即 $I_{bus}=1\text{ p.u.}$, $I_{bus0}=1.66/1.75=0.95\text{ p.u.}$;快切整定值 $\Delta U \Delta f=I_{oc} U_{bus0} \Delta f_0 / I_{bus0}=2 \times 102 \times 1.1 / 0.95=236(\text{V} \cdot \text{Hz})$,取 $200\text{ V} \cdot \text{Hz}$ 。

由以上分析可见:

- a. 反相(工作开关跳后 250 ms)时, $\Delta U \Delta f=184.33 \times 2.58=475(\text{V} \cdot \text{Hz})$;

表 1 135 MW 机组数据
Tab.1 Data of 135 MW generator unit

t/ms	$\Delta f/\text{Hz}$	$\Delta \theta/(^{\circ})$	$\Delta U/\text{V}$	U_m/V	$\Delta U \Delta f/(\text{V} \cdot \text{Hz})$	t/ms	$\Delta f/\text{Hz}$	$\Delta \theta/(^{\circ})$	$\Delta U/\text{V}$	U_m/V	$\Delta U \Delta f/(\text{V} \cdot \text{Hz})$
10	1.27	0.5	13.3	96.8	16.80	230	2.64	166.1	159.8	51.2	422.0
30	1.27	20.5	42.9	84.3	54.40	250	2.68	185.2	156.7	47.4	420.1
50	1.46	33.1	61.1	81.2	89.20	270	2.75	205.9	150.9	44.6	415.1
70	1.42	42.2	74.0	78.6	105.8	290	3.05	228.7	139.4	40.2	425.2
90	1.42	52.7	87.9	75.7	124.9	310	3.08	251.3	126.2	36.5	388.7
110	1.56	64.6	102.1	72.4	159.3	330	3.35	274.8	111.6	32.5	374.0
130	1.65	77.6	116.2	69.0	191.4	350	3.74	301.9	97.5	28.6	364.8
150	1.78	91.6	129.2	65.5	230.0	370	4.04	331.6	88.1	25.3	356.1
170	2.07	108.5	142.0	61.9	294.0	390	4.45	3.6	89.2	20.4	397.1
190	2.43	127.3	152.0	58.0	396.3	410	4.60	28.6	94.6	17.1	435.2
210	2.52	146.4	158.3	54.9	399.0	430	4.58	18.7	51.6	64.9	236.7

表 2 300MW 机组数据
Tab.2 Data of 300MW generator unit

t/ms	$\Delta f/\text{Hz}$	$\Delta \theta/(^{\circ})$	$\Delta U/\text{V}$	U_m/V	$\Delta U \Delta f/(\text{V} \cdot \text{Hz})$	t/ms	$\Delta f/\text{Hz}$	$\Delta \theta/(^{\circ})$	$\Delta U/\text{V}$	U_m/V	$\Delta U \Delta f/(\text{V} \cdot \text{Hz})$
10	1.10	18.2	33.65	97.0	37.05	210	2.33	136.7	174.08	80.2	405.60
30	0.89	25.5	46.09	93.1	41.02	230	2.45	155.4	181.49	78.9	446.56
50	0.87	31.0	55.16	91.2	47.98	250	2.58	175.1	184.33	77.7	475.27
70	1.06	36.9	67.39	89.8	67.39	270	2.79	196.6	182.33	76.3	508.70
90	1.18	47.8	80.79	88.1	95.33	290	2.99	219.4	172.37	75.4	515.38
110	1.43	58.1	95.97	87.0	137.23	310	3.20	243.6	155.18	74.7	496.57
130	1.67	70.9	112.65	85.0	188.12	330	3.35	268.5	131.39	73.8	440.15
150	1.96	85.8	130.54	83.3	255.85	350	3.51	294.6	101.10	72.6	354.86
170	2.14	101.7	147.74	82.7	316.16	370	3.82	331.1	56.30	71.9	215.06
190	2.15	118.8	162.42	81.3	349.20	380	3.82	358.3	26.18	78.0	100.00

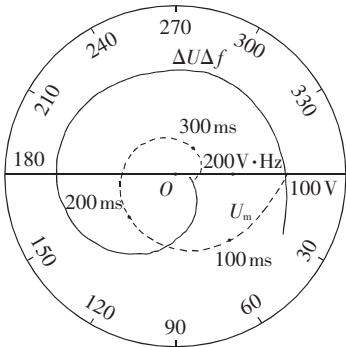


图 2 135 MW 机组数据 $\Delta U \Delta f$ 及 U_m 变化曲线
Fig.2 $\Delta U \Delta f$ and U_m variation curves of 135 MW generator unit

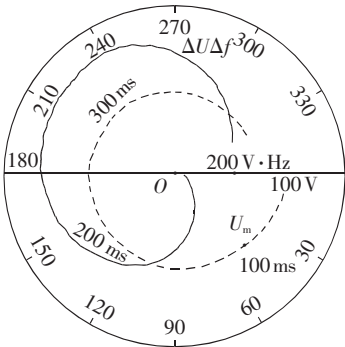


图 3 300 MW 机组数据 $\Delta U \Delta f$ 及 U_m 变化曲线
Fig.3 $\Delta U \Delta f$ and U_m variation curves of 300 MW generator unit

b. 再次同相(工作开关跳后 380 ms), $\Delta U \Delta f = 475 (\text{V} \cdot \text{Hz})$, 反相时比再次同相时的冲击电流大 ($475/100 = 4.75$);

c. 实际上备用开关是在 380 ms 之前合上的, 设为 370 ms, 此时 $\Delta U \Delta f = 56.3 \times 3.82 = 215.06 (\text{V} \cdot \text{Hz})$ 。无延时合闸(工作开关跳后 100 ms)时, $\Delta U \Delta f = 88.02 \times 1.18 = 102.21 (\text{V} \cdot \text{Hz})$, 无延时合闸时冲击电流比满足同期判据的冲击电流小 ($102.21/215.06 = 0.47$); 当时残压还有 87.2 V, 电动机自启动快。

在实践中, 文献[7]有过如下记录: 在山西太原某电厂试验时, 在相角 120° 时合闸, 残压仅下降 2%, 几乎没有起动(冲击)电流, 使厂用电恢复成功。由此可以推断当时 ΔU 已经接近 173 V, 之所以能够成功, 应是当时的频差不大, 如小于 1 Hz。由于 JCBZ-1 型集成电路备用电源自投装置原理说明书所述的思路与此新原理很接近, 并且动作速度快(检测到工作开关跳闸后 2~3 ms 发出合备用电源的脉冲), 抓住了最佳合闸时机, 在实际运行中, 成功率高, 且冲击小。其 ΔU 的整定值在 40~100 V 范围, 还有一个整定参数——快切开放时间: 从需要角度, 大于备用开关合闸时间(如 100 ms)就够了; 而从安全角度, 不要大于 250 ms, 因为此后不够安全。据了解, 华东某电厂压差整定 80 V, 快切开放时间整定 300 ms, 运行情况一直良好^[8]。

4 结论

a. 目前使用的快切装置以备用开关合上时 ΔU 在电动机电抗 X_m 上的分压 $\Delta U X_m / (X_s + X_m)$ 不超过电动机的耐受电压为原理的判据, 由于其依据的等效电路不符合实际工况, 因而得出的结论是值得怀疑的。而且, 只用限制电动机上的电压作为快切的依据也是不全面的。

b. 快切的目的是尽可能地缩短用电设备的停电时间并减少切换时的冲击电流, 因此用限制冲击电流的原理作为快切的判据是合理的, 并且可以与备用分支过流保护配合。

c. 由于无延时合闸时母线残压还较高, 电动机基本上不存在自启动问题, 满足同相条件合闸时, 有时母线残压已相当低, 不仅存在电动机自启动问题,

有低压脱扣的电动机已经跳闸。

d. 通过计算 $\Delta U \Delta f$ 的值可以预测冲击电流的大小, 因此用 $\Delta U \Delta f$ 作为快切的判据是合理而且可行的。从上述已分析的 135 MW 和 300 MW 机组数据可见, 以冲击电流有效值躲过备用分支 2 倍额定电流为整定值的快切判据, 135 MW 机组有不小于 150 ms 的时间允许备用电源开关合闸, 300 MW 机组有不小于 140 ms 的时间允许备用电源开关合闸, 只要备用开关足够快(中间继电器动作时间加开关合闸时间小于 100 ms), 快切都会成功, 而且冲击电流有效值会远小于 2 倍备用分支额定电流。但由于目前掌握的数据还不够充分, 为保险起见, 考虑仍保留原有的首次同相切换和残压判据作为后备。

参考文献:

- [1] 梁世康, 许光一. 厂用电系统保护[M]. 北京: 水利电力出版社, 1986.
- [2] 张培杰, 孙国凯, 车长海, 等. 关于厂用电快切装置切换判据的探讨[J]. 电力自动化设备, 2005, 25(6): 91-93.
ZHANG Pei-jie, SUN Guo-kai, CHE Chang-hai, et al. Discussion on criterions of station power transfer device[J]. Electric Power Automation Equipment, 2005, 25(6): 91-93.
- [3] 西北电力设计院. 电气工程电气设计手册(2)[M]. 北京: 水利电力出版社, 1991.
- [4] 洪佩孙. 关于异步机失压后的残压频率[J]. 江苏电机工程, 2000, 19(1): 47-48.
HONG Pei-sun. On residual voltage frequency after asynchronous motor out-of-voltage[J]. Jiangsu Electrical Engineering, 2000, 19(1): 47-48.
- [5] 彼特罗夫 T H. 电机学(第二册)[M]. 吴铁坚, 译. 北京: 人民教育出版社, 1960.
- [6] 章名涛. 电机学(下册)[M]. 北京: 科学出版社, 1965.
- [7] 党杰, 刘涤尘, 叶念国. 发电厂厂用电电源切换技术研究[J]. 电力自动化设备, 2005, 25(6): 89-91.
DANG Jie, LIU Di-chen, YE Nian-guo. Study of house supply transfer in power plant[J]. Electric Power Automation Equipment, 2005(6): 89-91.
- [8] 高春如, 孙孜平, 毛潮海. 厂用电快切装置整定原则探讨及使用[J]. 华东电力, 1999(10): 29-32.
GAO Chun-ru, SUN Zi-ping, MAO Chao-hai. Automatic quick switch-in device for house service power source[J]. East China Power, 1999(10): 29-32.

(责任编辑: 康鲁豫)

作者简介:

艾德胜(1944-), 男, 江西高安人, 教授级高级工程师, 从事发电机-变压器组保护及厂用电保护方面的研究(E-mail: ads@sac-china.com)。

House supply fast transfer criterion based on impulse current and its realization

AI De-sheng

(Guodian Nanjing Automation Co., Ltd., Nanjing 210003, China)

Abstract: The status in quo of the house supply transfer equipment in power plants and its criterion are analyzed. A fast transfer criterion is presented, using the product of the initial frequency difference of the bus residual voltage after outage and the dead beat voltage RMS(Root Mean Square) between the standby power supply voltage and the bus residual voltage to predict the impulse current. It integrates advantages of present schemes and avoids the unreasonable blocking for single unqualified parameter, such as the frequency difference, the phase difference or the voltage difference. Real-time data of 135 MW and 300 MW generator units during transfer show that, the proposed method realizes fast transfer to maximum and improves the success rate and the transfer quality.

Key words: house supply; fast transfer; impulse current; transfer criterion; dead beat voltage