

高炉电动鼓风机矢量跳跃保护的分析和研究

颜红建¹, 张时明²

(1. 湖南华菱涟源钢铁有限公司热电厂, 湖南 娄底 417009; 2. 镇海供电局电力成套设备公司, 浙江 镇海 315200)

摘要: 介绍冶金企业高炉电动鼓风机的工艺特点, 说明矢量跳跃在风机保护中的重要作用, 论述矢量跳跃是实现风机电源备自投的重要判据; 分析矢量跳跃的基本原理及产生的机理。从华菱涟源钢铁有限公司的实践应用中, 定量地计算出系统扰动对保护的影响, 由此提出采取反事故措施的方法; 并展望了矢量跳跃在继电保护中的推广应用价值。

关键词: 高炉鼓风机; 矢量跳跃; 保护

Analysis and study of vector jumping protection of the blast furnace electric air-blower

YAN Hong-jian¹, ZHANG Shi-ming²

(1. The Thermoelectric Plant of Hunan Hualing Lianyuan Steel Ltd Company, Loudi 417009, China;
2. Zhenhai Power Supply Bureau, Zhenhai 315200, China)

Abstract: This paper introduces the technology feature of the blast furnace electric air-blower of metallurgy enterprise. It illustrates the important function of the vector jumping in air-blower protection. The vector jumping is the key criterion to make the air-blower electric power facilities auto-switch in, and its basic principle and the mechanism of the vector jumping, is analyzed. To figure out quantitatively how much the protection is affected by the system disturbance by application in Hualing Lianyuan Steel Ltd. company, it puts forward the method of avoiding accident and looks into the future of the vector jumping's spreading and practical value in relay protection.

Key words: blast furnace electric air-blower; vector jumping; protection

中图分类号: TM77; TM76

文献标识码: B

文章编号: 1003-4897(2007)18-0068-03

0 引言

冶金企业炼铁用高炉电动鼓风机, 是高炉的关键重要设备, 炉膛内原料依靠鼓风机吹起在炉膛内燃烧冶炼。随着低能耗、大容积高炉的应用, 电动风机大多采用大型同步电动机, 电机容量已达到 32 000~42 000 kW 以上, 工艺过程绝不容许电机供电中断。本文详细分析矢量跳跃保护原理及产生机理, 并研究其在高炉电动鼓风机的应用特点, 由此为这一技术的实践应用提供更多的理论支持。

1 高炉电动鼓风机的供电特点

1.1 高炉电动鼓风机供电系统

对于国内各大钢厂 2 000 m³ 以上的高炉, 其鼓风机主供电系统大多采用双电源冗余设计, 其中一路电源出故障时, 希望能在鼓风机不停电、不停机的情况下快速自动切换到另一路备用电源, 以保证鼓风机供电的连续性, 保证高炉不休风。下面以华菱涟源钢铁有限公司 2 200 m³ 高炉电动鼓风机供电系统

进行分析说明。

如图 1 所示, 中心站 1# 变作为鼓风机的主供电电源, 2# 变作为备用电源; 正常运行时, 1DL 合闸, 2DL 合闸热备用, 3DL 小车在工作位置分闸, 当主供电电源 1# 变系统失压时, 鼓风机保护启动备自投使 1DL 分闸, 3DL 合闸。2# 变备用电源通过 3DL 向鼓风机供电, 以保证鼓风机的连续供电。

1.2 备用电源自投的启动判据

3 200 kW 同步机正常运行时由电网供电, 当 1# 主变系统失压瞬间, 同步机在转动惯量的带动下作发电机运行, 其机端电压、频率不会迅速改变, 电流和功率会有大的变化, 但响应速度慢。通过论证, 同步机在失压 260 ms 内快速恢复供电, 对机组及供电网是安全的。如果利用电压、电流、频率、逆功率等电气量作为备自投的启动判据, 显然会造成同步机失步后的非同期合闸, 这就要求我们寻找一种感受电网扰动, 响应速度极快的新的备自投启动判据。那就是电压矢量跳跃。

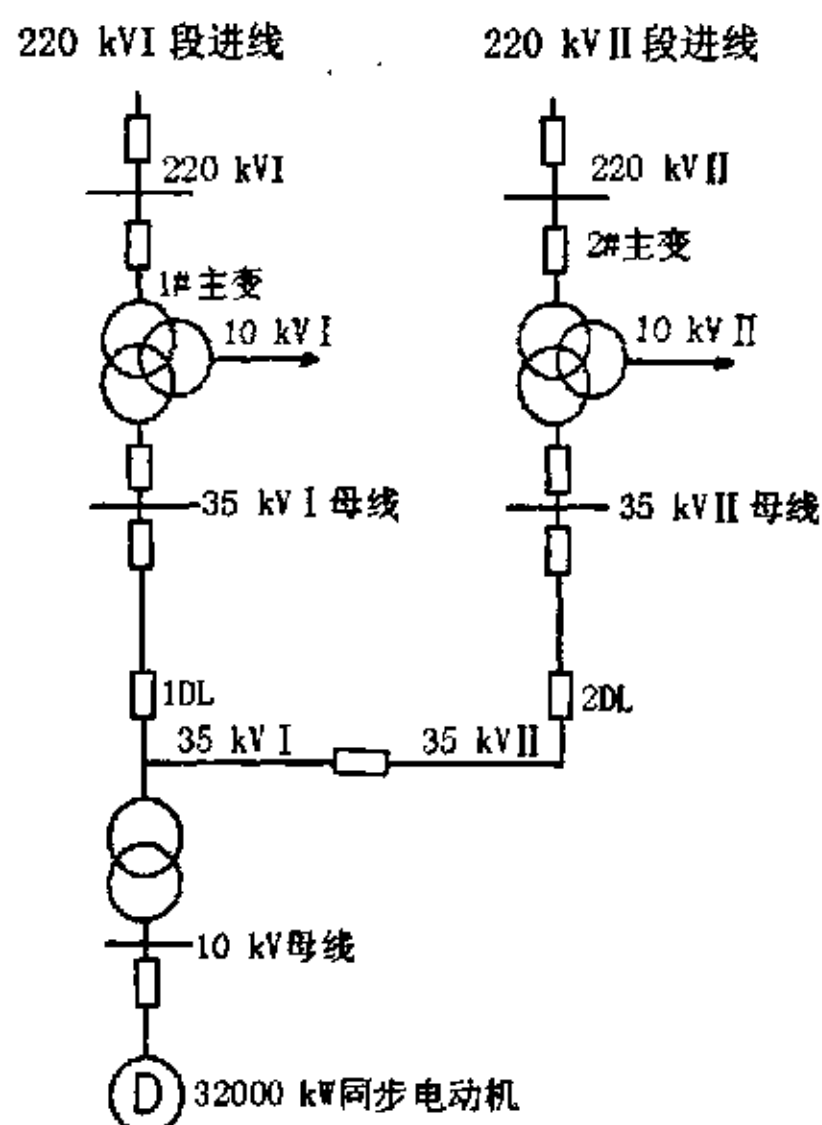


图1 连钢2 200 m³高炉鼓风机供电示意图
Fig.1 2200m³ blast furnace's power supply in LianYuan Steel Group

2 电压矢量跳跃技术

2.1 矢量跳跃理论

三相平衡交流供电网的电压, 其大小和相位是相对稳定的, 只要系统阻抗或电流不发生改变, 则系统电压矢量基本维持不变。见图2系统稳定运行时电压矢量等效图。

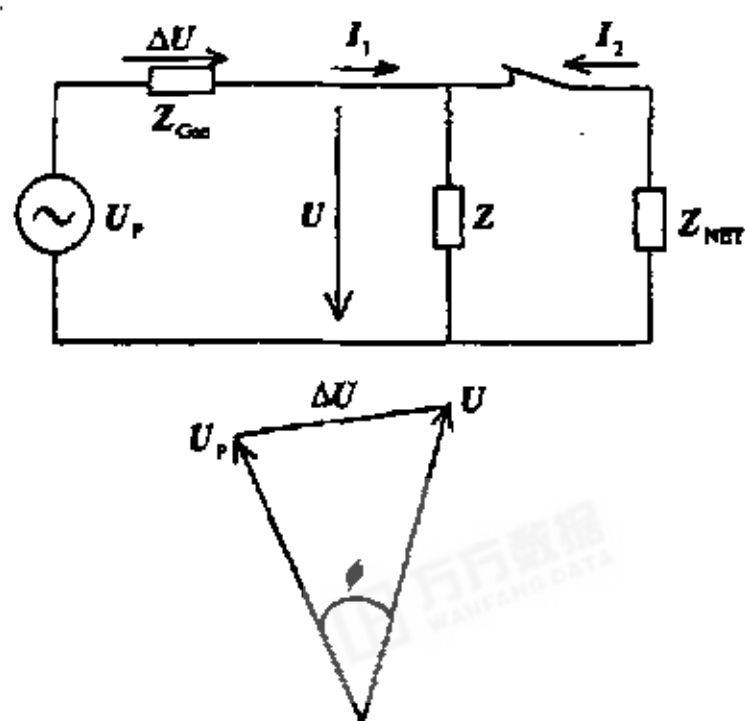


图2 系统稳定运行时电压矢量等效图
Fig.2 Equivalent chart of voltage when system is steady-going

保护装置比较前后两个周波的电压相角, 用以判别电压相角的改变量, 即跳变角。见图3所示。

系统稳定时, 假若 U_1 点在前一周波的 45° (0.005 s 即 5 ms), 经过一周后 (0.02 s), U_2 会回到 45° 角与 U_1 重合。

系统故障时, U' 产生的时刻将会发生改变, 偏离一个角度 $\Delta\phi$ 。(用图4说明), 这是因为突变电流导致图4中电抗 Z_{Gen} 的电压降 ΔU 改变, 使 U' 在 U 的基点上发生超前或滞后的相位跳变, 产生

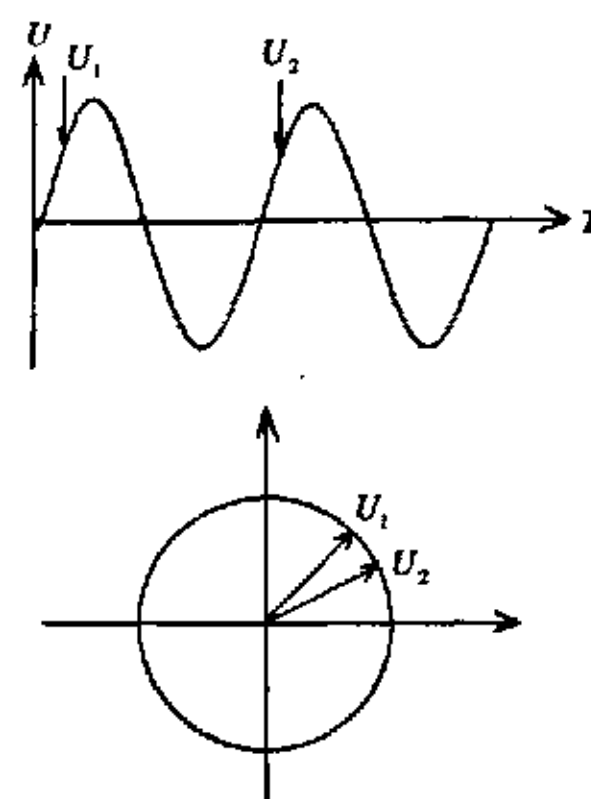


图3 电压相角跳变比较图

Fig.3 Comparison of voltage angle change

$\Delta\phi$; 跳变周期为: $0.02 \pm$ 设定角度 (周期) s, 相角 $\Delta\phi$ 由负载变化的大小和性质决定。

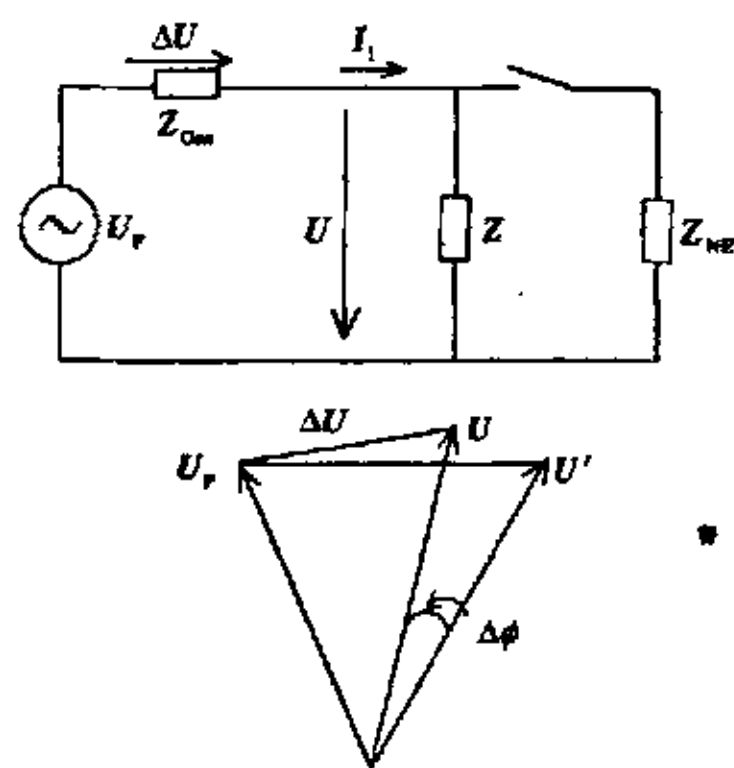


图4 系统开路时电压矢量跳跃等效图

Fig.4 Equivalent chart of voltage vector jumping in open circuit

2.2 矢量跳跃逻辑

图5为矢量跳跃检测逻辑图, 当检测到矢量跳跃达到保护的设定值时, 启动信号被存储在RS触发器中, 并被定时器延时一定的时间。矢量跳跃启动值的设定 (地址: 4602 DELTA PHI) 是根据负荷情况来确定的, 正常系统中负荷突然变化, 引起电压矢量的变化, 跳变角度的设定需根据系统情况谨慎设定, 一般设定默认值为: $\Delta\phi=10^\circ$, 设定值太小, 负荷的突然波动会启动保护装置, 造成保护误动。

逻辑图中, 设置了电压和频率闭锁, 只有当电压和频率在设定范围内, 矢量跳跃方可启动RS触发器。一般电压设置在额定电压的 $80\% \sim 130\%$, 频率为额定频率的 $\pm 3\text{ Hz}$ 范围内, 运行电压和频率超出设置值时, 闭锁保护, 以防止保护装置误动作。

如果短路引起电压下降到一个很低的值或频率突然出现高于额定值 $\pm 3\text{ Hz}$ 的变化时, 触发器复位

端立刻被激活，闭锁触发器。

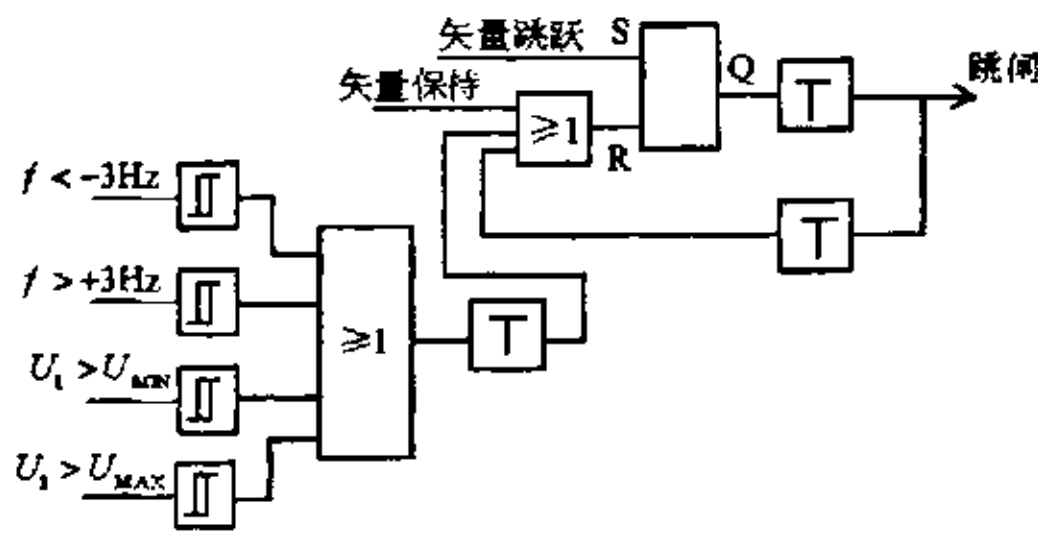


图5 矢量跳跃检测逻辑图

Fig.5 Logic chart of vector jumping detecting

3 鼓风机矢量跳跃保护的定量分析

如前所述，矢量跳跃是备自投装置的启动判据，同时也分析了，负载发生突然改变而使电压相角发生改变的原因。那么、高炉鼓风机矢量跳跃保护到底在供电系统负荷发生多大改变时，才能启动呢？下面继续以华菱涟钢有限公司高炉鼓风机供电系统进行分析。见图1。

1# (2#) 主变参数：

额定电压：220/36.76/10.5 (kV)

额定容量：150000/150000/75000 (kVA)

短路阻抗： $U_{k1-n}\%$ =13.6 (高一中)

$U_{k2-m}\%$ =22.9 (中一低)

$U_{k1-m}\%$ =38.4 (高一低)

(1) 等值电抗的计算

由于高炉鼓风机由主变中压侧绕组供电，故只计算中压侧短路阻抗，

$$U_{k2}\% = 1/2 (U_{k1-n}\% + U_{k2-m}\% - U_{k1-m}\%) = 1/2 (13.6 + 22.9 - 38.4) = -0.95$$

其等值电抗有名值为：

$$X_{22} = (U_{k2}\%/100) \times (U_n^2/S_n) = (-0.95/100) \times (220^2/150) = -3.06(\Omega)$$

负号表示电抗性质，以后算式中不标注，对于大容量变压器，其绕组电阻比电抗小得多，近似地认为电抗的电压降等于短路电压百分数，在此绕组电阻不进行计算。

(2) 电压降 ΔU 的计算

根据保护装置设定角度为 10° ，设定闭锁电压为额定电压的80%~130%，我们可计算在 10° 时电压为80%、100%、130%的电压降 ΔU ，见图6。

a. 额定电压下

$$\Delta U = 2 \times 36.75 \times \sin 5^\circ = 6.4059 \text{ kV}$$

b. 80%电压下

$$\Delta U' = 2 \times 36.75^2 + 29.4^2 - 2 \times 36.75 \times 29.4 \times \cos 10^\circ$$

$$\Delta U' = 9.32 \text{ kV}$$

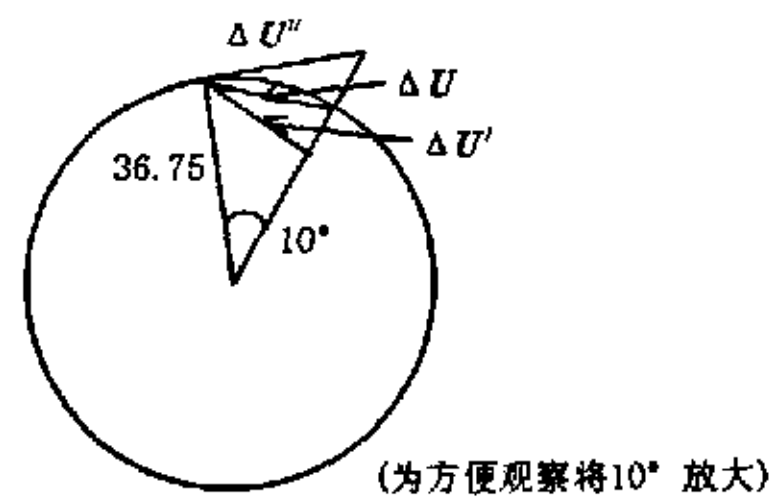


图6 计算电压降矢量图

Fig.6 Vector of count voltage

c. 130%电压下

$$\Delta U'' = 36.75^2 + 47.775^2 - 2 \times 36.75 \times 47.775 \times \cos 10^\circ$$

$$\Delta U'' = 13.226 \text{ kV}$$

(3) 突变电流的计算

(只计算最小压降时的电流)

$$I = \Delta U / X_{22} = 6405.9 / 3.06 = 2093.4 \text{ A} = 2.093 \text{ kA}$$

(4) 突变负载功率

$$P = \sqrt{3} \cdot I \cdot U \cdot \cos \phi = \sqrt{3} \cdot 2.093 \cdot 36.75 \cdot 0.9 = 119.922 \text{ MW}$$

(功率因数 $\cos \phi$ 取 0.9)

(5) 数据分析

从以上计算得知：在额定值下的电压降是最小的，也就是最容易使保护动作的压降。在电压与频率的开放区间内，主变 35 kV 侧突然改变（投入或退出）约 120 MW 的负载，或者说主变 35 kV 绕组电流突然增加或减少约 2 kA 时，可以使电压矢量跳跃角达到设定的整定值 10° ，启动矢量跳跃，从而使保护动作跳闸。

这么大电流的改变只有在系统短路，大型设备的启动或送电瞬间，大面积地甩负荷时才可能发生。为保证高炉鼓风机的供电安全，需采取有效的防止保护误动的反事故措施。如在主变 35 kV 侧尽量少带或不带其它负荷，以避免其它负荷短路对高炉鼓风机的影响；在 35 kV 侧所挂的其它主变送电瞬间或大型发电机组并列、解列时退出矢量跳跃启动备自投保护。近年来、华菱涟钢就是这样做的，事实证明：采取这些反事故措施后，高炉鼓风机供电事故基本杜绝，取得了明显的经济效益。

4 结束语

矢量跳跃是继电保护技术中一种全新的保护功
(下转第 74 页 continued on page 74)

4 结论

本文结合低压断路器欠压脱扣器在供电网中的实际使用情况,分析了取消欠压脱扣器,即取消欠压(失压)脱扣功能的原因,讨论了取消欠压(失压)脱扣功能会对电网安全经济运行、用户负荷设备及国民经济生产带来的诸多不利,因此不能取消欠压(失压)脱扣功能。另外,本文针对取消欠压(失压)脱扣功能的原因,提出了给低压断路器使用延时欠压脱扣器及失压脱扣重合闸控制器的方案,既可避免误动,又可保护用户设备,还可节省来电合闸的工作量,提高供电可靠性,提高配电自动化程度。

参考文献

[1] GB14048.1-2000,低压开关设备和控制设备总则[S].
GB14048.1-2000,Low-voltage Switch Gear and Control Gear General Rules[S].

[2] 连理枝.低压断路器设计与制造[M].北京:中国电力出版社,2003.
LIAN Li-zhi.Design and Produce of Low-voltage Breaker[M].Beijing: China Electric Power Press, 2003.

[3] 尹亚军.0.4 kV 低压进线和母联断路器运行现状调查和建议[J].电气应用建筑电气专刊,2005,(4): 18-19.
YI Ya-jun.Research and Advice to the Operation Status of 0.4kV Low-voltage Inlet Wire and Bar Coupling Breaker[J].Electrotechnical Application Building Electric Special, 2005,(4): 18-19.

[4] 迟长春,张浩.低压空气断路器的运行故障研讨[J].天津城市建设学院学报,2002,8(2): 123-124.
CHI Chang-chun, ZHANG Hao.Failures of LV Air Breaker in Electric Power System[J].Journal of Tianjin Institute of Urban Construction, 2002,8(2): 123-124.

[5] GB 50052-1995,供配电系统设计规范[S].
GB 50052-1995,The Design Norm of Power Supply and

Distribution System[S].

[6] 程浩忠,艾芊,张志刚,等.电能质量[M].北京:清华大学出版社,2006.
CHENG Hao-zhong, AI Qian, ZHANG Zhi-gang, et al.Power Quality[M].Beijing: Tsinghua University Press, 2006.

[7] GB50055-9,通用用电设备配电设计规范[S].
GB50055-9,The Design Norm of General Electro-equipment Distribution[S].

[8] 陈昌奎.接触器对电动机欠压保护的探讨[J].电气时代,2004,(1): 64-66.
CHEN Chang-kui.Discussion of Contactor's Under-voltage Protection to Electromotor[M].Electric Age, 2004,(1): 64-66.

[9] 连理枝.线路和设备的欠压与保护[J].华通技术,2002,(3): 29-31.
LIAN Li-zhi.Under-voltage on Line and Equipment and Their Protection[J].Huatong Technology, 2002,(3): 29-31.

[10] 贾晓东.自动开关失压脱扣重合闸装置[P].中国专利:03240867.6,2005-11-09.
JIA Xiao-dong.Automatic Switch No-voltage Release Reclosing Equipment[P].China Patent:03240867.6, 2005-11-09.

收稿日期:2007-02-07; 修回日期:2007-03-08

作者简介:

马宇辉(1983-),男,硕士研究生,研究方向为电力系统现场智能测控技术及配电网自动化技术;E-mail:funcyg@163.com

吴文宣(1960-),男,高级工程师,研究方向为电力系统测控技术与试验方法研究;

江道灼(1960-),男,教授,主要研究方向是交直流电力系统运行与控制技术、电力电子及柔性交流输电应用技术、电力系统现场智能测控技术及配电网自动化技术等。

(上接第70页 continued from page 70)
能,是保护系统中重要的组成部分,是实现高炉鼓风机电源快速备自投的主要判据。分析和理解矢量跳跃原理,能帮助我们正确地应用其功能。将此技术推广应用到发电机、站,大中型同步电动机,大中型主变压器的保护中,有着十分重要的经济和社会价值,具有广阔的应用前景。

参考文献

[1] 西门子公司.7UM62 继电器技术手册[Z].
Siemens Company 7UM62 Relay Technology Handbook[Z].

[2] 何仰赞,温增银,汪馥英,等.电力系统分析[M].武汉:华中理工大学出版社,1988.
HE Yang-zan,WEN Zeng-yin, WANG Fu-ying, et al. Power System Analysis[M]. Wuhan: Huazhong University of Technology Press,1988.

收稿日期:2007-05-29; 修回日期:2007-06-13

作者简介:

颜红建(1962-),男,高级技师,从事继电保护试验及技术管理工作;E-mail:Ldyhhj.2007@163.com

张时明(1963-),男,工程师,从事继电保护与实践工作。