

一种零序差动保护的辅助选相元件

何谋超, 何奔腾, 张武军

(浙江大学电气工程学院, 浙江 杭州 310027)

摘要: 针对零序差动保护不具备分相电流差动保护的选相功能, 提出了一种新的零序电流差动保护辅助选相方法, 利用零序差流的关系以及各相差流的大小关系配合进行选相。通过 EMTP 和 Matlab 软件对 1000 kV 示范线路进行了仿真, 结果表明, 该选相元件在各种区内高阻故障条件下均能准确、快速地选相。

关键词: 零序电流差动保护; 故障选相; 线路保护; 序分量

New fault phase selection method for line zero-sequence current differential protection

HE Mou-chao, HE Ben-teng, ZHANG WU-jun

(School of Electrical Engineering, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China)

Abstract: Zero-sequence differential protection can't select the fault phase correctly on its own as the current differential protection, this paper puts forward a new fault phase selector of zero-sequence differential protection, uses the relations of zero-sequence and negative-sequence differential current and the magnitude of three phase line differential current. It simulates 1000 kV transmission lines with EMTP and MATLAB software, and the results verify that the fault phase selector can select the fault phase correctly and fast.

Key words: zero-sequence differential protection; fault phase selection; line protection; sequence component

中图分类号: TM77 文献标识码: A 文章编号: 1673-3415(2008)15-0041-05

0 引言

电流差动保护对于电力系统来说, 是很理想的一种保护原理, 从故障信息的观点来看, 它消除了非故障状态下的电流分量(不计线路分布电容电流时)的影响, 具有适应电力系统的振荡、非全相等各种复杂的故障运行状态, 可反应各种类型的故障^[1-3]等优点。它已被广泛地应用在电力系统的发电机、变压器、母线等诸多重要电气设备的保护之中。

但电流差动保护也存在一些不足, 全电流差动保护以及自适应差动电流保护^[4,5]的制动量有负荷电流, 在重负荷以及故障电流很小时, 会出现保护拒动的情况^[6]; 工频突变量差动保护不受负荷的影响, 但突变量只能在故障的初始时刻获得, 保护投入的时间有限, 随着故障的发展它将退出运行。零序电流作为一种特殊的突变量, 不同于工频突变量只能短时存在, 可作为全电流差动保护的后备保护^[7,8]。但零序差动保护不具备选相能力, 满足不了超高压线路分相跳闸的要求。文献[9]提出了一种比较三相差流幅值大小的选相方法, 作

为零序差动保护的辅助选相元件, 但判据在高阻接地不加并联电抗器补偿电容电流时灵敏度不够。

本文利用差动电流序分量的大小关系来进行选相, 有别于利用序分量的相位关系进行相区划分的选相方法^[10], 通过分析不同故障时序分量差流的特性, 提出了一种新的零序差动保护的辅助选相方案。为验证方案的有效性, 利用 EMTP 仿真程序对我国第一条 1000kV 特高压示范工程——晋东南—南阳—荆门试验线路进行了仿真计算, 并对不同故障类型、过渡电阻的情况做了大量验证, 结果表明该方案能快速、准确地识别故障相别, 且灵敏度很高, 具有良好的工程应用前景。

1 选相原理

1.1 零序差流保护原理分析

零序差动保护利用线路两端零序电流构成差动保护, 其动作判据为同时满足式(1)、(2)

$$|I_{M0} + I_{N0}| \geq I_{dz0} \quad (1)$$

$$|I_{M0} + I_{N0}| > k |I_{M0} - I_{N0}| \quad (2)$$

其中: I_{M0} 和 I_{N0} 为线路 M 和 N 侧的零序电流向量, k 为制动系数, I_{dz0} 是整定值。 I_{dz0} 的整定不仅应躲过线路的稳态零序电容电流, 还要躲过在母线上发生三相短路时流过线路两端 CT 的最大零序不平衡电流。制动系数 k 决定了差动保护的灵敏度, k 越小灵敏度越高, 但降低 k 值会导致区外故障防卫能力的下降, 实际中 k 的整定要躲过区外故障。

1.2 序差流选相元件

序差流选相元件分别以 a、b、c 三相为基准计算零序与负序分量, 以零、负序差流分量的矢量差的模作为制动量; 以零序差流的模与比例系数的乘积作为动作量。主判据的数学表达式为

$$|I_{D0}^a - I_{D2}^a| < k_1 |I_{D0}^a| \quad (3)$$

$$|I_{D0}^b - I_{D2}^b| < k_1 |I_{D0}^b| \quad (4)$$

$$|I_{D0}^c - I_{D2}^c| < k_1 |I_{D0}^c| \quad (5)$$

式(3~5)中: I_{D2}^φ , I_{D0}^φ 是以 φ 相为基准进行计算的负序、零序差流分量值 ($\varphi = a, b, c$), k_1 为比例系数。为了便于微机保护计算, 实际仿真中都化为以 a 相为基准的序分量, 由对称分量的知识, 主判据等价于

$$|I_{D0}^a - I_{D2}^a| < k_1 |I_{D0}^a| \quad (6)$$

$$|I_{D0}^a - a I_{D2}^a| < k_1 |I_{D0}^a| \quad (7)$$

$$|I_{D0}^a - a^2 I_{D2}^a| < k_1 |I_{D0}^a| \quad (8)$$

式中: $a = e^{j120^\circ}$

1.2.1 单相接地故障

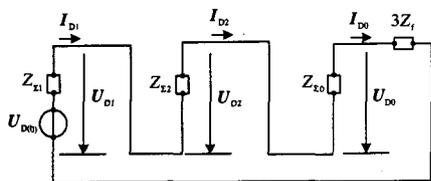


图1 单相接地短路故障分量复合序网图

Fig.1 Equivalent sequence network under single-phase to ground fault

单相接地故障时 (见图 1), 此时故障差流满足

$$I_{D0}^\varphi = I_{D2}^\varphi = I_{D1}^\varphi \quad (9)$$

式中: φ 为故障相, 当 $\varphi = a$ 时, 主判据式 (6) 中 $|I_{D0}^a - I_{D2}^a|$ 为 0; 式 (7) 中 $|I_{D0}^a - a I_{D2}^a| = \sqrt{3} |I_{D0}^a|$; 式 (8) $|I_{D0}^a - a^2 I_{D2}^a| = \sqrt{3} |I_{D0}^a|$ 。只

要 k_1 取很小的值 (仿真中取 0.2) 时, 主判据中只有式 (6) 满足; 由于式 (6) 与式 (3) 等价, a 相接地故障时, 只有以故障相 a 为基准相的差流满足 $|I_{D0}^\varphi - I_{D2}^\varphi| < k_1 |I_{D0}^\varphi|$, 同理 b 相故障时 I_{D0}^a 超前 $I_{D2}^a 120^\circ$, 只有式 (7) 成立; c 相故障时式 (8) 成立, 推导过程在此不再累赘。

综上分析, 单相接地故障时, 主判据 $|I_{D0}^\varphi - I_{D2}^\varphi| < k_1 |I_{D0}^\varphi|$ 仅当 φ 为故障相时成立。

1.2.2 相间接地故障

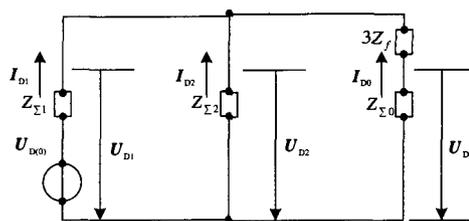


图2 相间短路接地故障分量复合序网图

Fig.2 Equivalent sequence network under phase-to-phase with ground fault

两相相间短路时 (见图 2), 以非故障相为基准计算的故障分量

$$I_{D1} = U_{D(0)} / (Z_{\Sigma 1} + \Delta Z), (\Delta Z = Z_{\Sigma 2} // (Z_{\Sigma 0} + 3Z_f)) \quad (10)$$

$$I_{D2} = -I_{D1} (Z_{\Sigma 0} + 3Z_f) / (Z_{\Sigma 0} + 3Z_f + Z_{\Sigma 2}) \quad (11)$$

$$I_{D0} = -I_{D1} (Z_{\Sigma 2}) / (Z_{\Sigma 0} + 3Z_f + Z_{\Sigma 2}) \quad (12)$$

式中: I_{D1}, I_{D2}, I_{D0} 分别为故障时以非故障相为基准计算的各序分量差流值, $U_{D(0)}$ 为正常运行时故障点的电压值, $Z_{\Sigma 2}, Z_{\Sigma 0}$ 分别为两相故障时的综合负序零序阻抗, Z_f 为过渡电阻。

考虑两相接地 (以 bc 故障为例) 几种极端时候的情况时主判据特性:

(1) $Z_{\Sigma 2} \gg Z_{\Sigma 0} + 3Z_f$ 时,

$$I_{D0} = -I_{D1}, I_{D2} = 0 \quad (13)$$

式中: $I_{D\varphi} (\varphi = 1, 2, 3)$ 都是以 a 为基准相的序差动电流。

将式 (13) 代入主判据 (6)、(7)、(8), 三式都简化为

$$|I_{D0}| < k_1 |I_{D0}| \quad (14)$$

由上文知 $k_1 < 1$, 主判据三式都不成立。

(2) $Z_{\Sigma 2} \ll Z_{\Sigma 0} + 3Z_f$ (此时相当高阻接地) 时

$$I_{D2} = -I_{D1}, I_{D0} = 0 \quad (15)$$

将式(15)代入主判据, 得到

$$|I_{D2}| < 0 \quad (16)$$

主判据动作量为 0, 三式也都不成立。

(3) $Z_{\Sigma 2} = Z_{\Sigma 0} + 3Z_f$ 时

$$I_{D0} = I_{D2} = -0.5I_{D1} \quad (17)$$

注意到这种情况时 $I_{D0} = I_{D2}$, 与单相接地时的零负序大小相位关系相似, 非故障相可能会满足主判据的动作条件。

由分析可知, 在两相接地故障时, 主判据中的制动量大, 动作量 $k_1 |I_{D0}|$ 相对较小, 通常情况下三式均不满足。但在极端情况下会出现非故障相满足主判据的情况, 需要加入其他的辅助判据来区分它和单相故障。

1.2.3 辅助判据的加入

由上文分析, $|I_{D0}| = |I_{D2}|$ 时, 若是单相接地故障, 主判据会选中故障相; 若是两相接地故障, 非故障相被选中。考虑到单相故障时故障相的差流比非故障相大, 满足

$$I_{D\phi} / I_{\max} = 1 (\phi \text{ 为故障相}); \quad (18)$$

式中: I_{\max} 是三相差流的最大值。

两相故障时, 故障分量很大^[11], 故障两相的差流要比仅仅流过电容电流非故障相差流大很多, 有

$$I_{D\phi} / I_{\max} \ll 1 (\phi \text{ 为非故障相}) \quad (19)$$

由分析可得辅助判据: 当主判据确定出特殊相之后, 判断特殊相差流与三相差流最大值的比值, 当满足

$$I_{D\phi} / I_{\max} > k_2 \text{ (仿真中 } k_2 \text{ 取 } 0.5) \quad (20)$$

判定为单相故障, 否则判为两相故障。

1.2.4 弱馈系统故障时的选相特性

传统的基于单侧电流信息的选相元件在弱电源侧灵敏度可能不足, 尤其是单电源系统受电侧的保护, 在线路发生故障后, 能感受到的电流仅为零序电流, 三相电流基本相同, 因此靠电流突变量和电流序分量进行选相很困难^[12]。本文的电流差动保护辅助选相元件是基于故障线路两端的电流信息, 不同于单端量选相时受分配系数影响, 因此不会受到弱馈侧系统的影响, 在弱馈电源系统仍然能够准确选相。

2 选相方案以及流程

1) 给定一个差流启动门槛值, 当差流大于门槛值时, 进入选相判据流程; 否则不进行选相计算。

2) 用主判据式(6)、(7)、(8)判断, 当三式都不满足, 确定为两相接地故障, 差流幅值最大的两相判为故障相。

3) 主判据中仅一个满足时, 选出满足的那一相为特殊相, 用式(20)判断, 判定为单相故障时, 特殊相是故障相; 否则, 特殊相是两相故障的非故障相, 另两相为故障相。

4) 当三式中两式或更多满足时, 选相元件延时, 与零序差动保护配合等待三相跳闸。

3 仿真数据分析

为了验证本文提出的选相方法的正确性, 进行了大量的仿真实验。仿真采用晋东南-南阳-荆门 1000 kV 交流特高压试验输电线路模型(如图 3 所示), MK 段长度为 363 km, KN 段为 291 km, 线路两端及中间开关站均装有并联电抗器, 容量分别为 $Q_{BL1}=960 \text{ MVA}$, $Q_{BL2}=Q_{BL3}=720 \text{ MVA}$, $Q_{BL4}=600 \text{ MVA}$ 。实际仿真中由于要考虑最大电容电流的情况, 在仿真时不投入并联电抗器补偿电容电流。

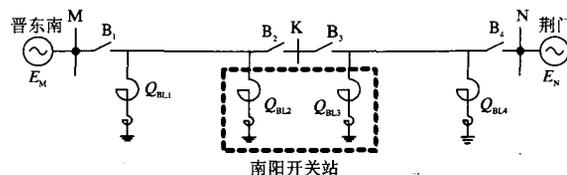


图 3 1000 kV 仿真系统模型

Fig. 3 Simulation model of 1000 kV system

线路参数如表 1 所示。

表 1 输电线路参数

Tab. 1 Transmission line parameters

线路段	序分量	$R/(\Omega/\text{km})$	$L/(\text{mH}/\text{km})$	$C/(\mu\text{F}/\text{km})$
MK 段	正序	0.00758	0.83922	0.013970
	零序	0.15421	2.6439	0.009296
KN 段	正序	0.00801	0.83747	0.013830
	零序	0.15630	2.4895	0.008955

M 侧、N 侧均为大运行方式下的参数:

M 侧: $Z_{s1} = 3.43 + j84.86 \Omega$, $Z_{s0} = 3.37 + j88.82 \Omega$

N 侧: $Z_{s1} = 3.46 + j84.17 \Omega$, $Z_{s0} = 5.87 + j87.03 \Omega$

实验中每工频周期 24 点采样, 采样频率为 1200 Hz, 故障点分别位于 M 侧保护出口, 开关站, N 侧保护出口, 对应于每一故障点的过渡电阻, 考虑金属性接地、100 Ω 、300 Ω 、600 Ω 四种情况; 两端相角差考虑 0°, 30°, 60°, 70° 的情况。

部分试验仿真结果如表 2、3、4、5 所示(两电源功角差为 30°), 由于篇幅有限, 其他情况在

此不一一列举。

表 2~表 5 中： $|I_{D0}^{\varphi} - I_{D2}^{\varphi}| / |I_{D0}^{\varphi}|$ 、 $I_{D\varphi} / I_{Dmax}$ 的三个值依次对应 $\varphi=a, b, c$ ， I_{Dmax} 为三相最大差流。

表 2 金属性故障

Tab.2 Fault without resistance

故障类型	M 侧出口故障		开关站故障		N 侧出口故障		选相结果
	$\frac{ I_{D0}^{\varphi} - I_{m}^{\varphi} }{ I_{m}^{\varphi} }$	$\frac{ I_{D\varphi} }{I_{Dmax}}$	$\frac{ I_{D0}^{\varphi} - I_{m}^{\varphi} }{ I_{m}^{\varphi} }$	$\frac{ I_{D\varphi} }{I_{Dmax}}$	$\frac{ I_{D0}^{\varphi} - I_{m}^{\varphi} }{ I_{m}^{\varphi} }$	$\frac{ I_{D\varphi} }{I_{Dmax}}$	
A	0.027	1	0.026	1	0.031	1	A
	1.734	0.538	1.734	0.537	1.749	0.292	
	1.712	0.559	1.712	0.558	1.765	0.280	
B	0.453	0.285	1.150	0.401	0.346	0.283	B
C	2.165	0.983	2.7759	1	2.069	0.946	C
G	2.100	1	2.805	0.959	1.995	1	G

表 3 100 Ω 过渡电阻故障

Tab. 3 Fault with the resistance of 100 Ω

故障类型	M 侧出口故障		开关站故障		N 侧出口故障		选相结果
	$\frac{ I_{D0}^{\varphi} - I_{m}^{\varphi} }{ I_{m}^{\varphi} }$	$\frac{ I_{D\varphi} }{I_{Dmax}}$	$\frac{ I_{D0}^{\varphi} - I_{m}^{\varphi} }{ I_{m}^{\varphi} }$	$\frac{ I_{D\varphi} }{I_{Dmax}}$	$\frac{ I_{D0}^{\varphi} - I_{m}^{\varphi} }{ I_{m}^{\varphi} }$	$\frac{ I_{D\varphi} }{I_{Dmax}}$	
A	0.052	1	0.037	1	0.057	1	A
	1.756	0.547	1.742	0.972	1.766	0.727	
	1.786	0.565	1.707	0.996	1.791	0.734	
B	4.537	0.261	4.118	0.360	4.336	0.284	B
C	4.426	1	4.683	1	4.462	1	C
G	5.901	0.684	5.767	0.712	5.817	0.721	G

表 4 300 Ω 过渡电阻故障

Tab. 4 Fault with the resistance of 300 Ω

故障类型	M 侧出口故障		开关站故障		N 侧出口故障		选相结果
	$\frac{ I_{D0}^{\varphi} - I_{m}^{\varphi} }{ I_{m}^{\varphi} }$	$\frac{ I_{D\varphi} }{I_{Dmax}}$	$\frac{ I_{D0}^{\varphi} - I_{m}^{\varphi} }{ I_{m}^{\varphi} }$	$\frac{ I_{D\varphi} }{I_{Dmax}}$	$\frac{ I_{D0}^{\varphi} - I_{m}^{\varphi} }{ I_{m}^{\varphi} }$	$\frac{ I_{D\varphi} }{I_{Dmax}}$	
A	0.046	1	0.036	1	0.050	1	A
	1.757	0.715	1.7424	0.993	1.763	0.983	
	1.780	0.733	1.709	0.956	1.784	0.954	
B	11.577	0.282	9.302	0.367	11.636	0.309	B
C	11.091	1	9.247	1	11.300	1	C
G	12.763	0.735	10.745	0.774	12.925	0.862	G

表 5 600 Ω 过渡电阻故障

Tab.5 Fault with the resistance of 600 Ω

故障类型	M 侧出口故障		开关站故障		N 侧出口故障		选相结果
	$\frac{ I_{D0}^{\varphi} - I_{m}^{\varphi} }{ I_{m}^{\varphi} }$	$\frac{ I_{D\varphi} }{I_{Dmax}}$	$\frac{ I_{D0}^{\varphi} - I_{m}^{\varphi} }{ I_{m}^{\varphi} }$	$\frac{ I_{D\varphi} }{I_{Dmax}}$	$\frac{ I_{D0}^{\varphi} - I_{m}^{\varphi} }{ I_{m}^{\varphi} }$	$\frac{ I_{D\varphi} }{I_{Dmax}}$	
A	0.0398	1	0.0252	1	0.0496	1	A
	1.7561	0.836	1.7575	0.784	1.7626	0.761	
	1.7736	0.847	1.7437	0.796	1.7834	0.781	
B	21.916	0.291	16.793	0.377	22.157	0.321	B
C	21.341	1	16.529	1	21.711	1	C
G	23.056	0.795	18.143	0.836	23.395	0.932	G

由仿真数据可得：

(1) 区内单相接地故障时,随着过渡电阻的增大,非故障相与三相差流最大值的比逐渐增大,当达到 300 Ω 以上时,该比值在所有故障点均大于 0.7,最高甚至大于 0.996,此时三相差流大小比例关系比较模糊,传统的方法无法选出故障相。

(2) 在两相相间接地故障时,仿真所有算例的非故障相为基准的差流都不满足主判据,不需要辅助判据来参与选相。

(3) 辅助判据虽然没有启动,但在仿真中都成立,单相故障时故障相差流幅值均大于非故障相;相间接地故障时非故障相差流与差流最大值的比值最大为 0.401,小于整定值 0.5,辅助判据灵敏度很高,准确可靠。

(4) 选相方案即使是在 600 Ω 的高阻接地的情况,仍能够准确地选出单相以及两相接地故障的故障相,整定值有很大的余度,选相元件的性能优异。

4 结论

本文提出了一种新的零序差动保护辅助选相元件,有效地解决了零序电流差动保护存在的无法选相跳闸的问题,该元件有很强的耐过渡电阻能力,不受系统运行方式的影响,并且在弱馈系统中仍然适用。EMTP 和 Matlab 仿真试验都证实该选相元件与零序差动保护配合时,选相结果准确可靠。

参考文献

- [1] 高厚磊,江世芳,贺家李. 输电线路新型电流差动保护的研究[J]. 中国电机工程学报, 1999, 19(8): 49-53. GAO Hou-lei, JIANG Shi-fang, HE Jia-li. Study on New Type of Current Differential Protection for Transmission Lines[J]. Proceedings of the CSEE, 1999, 19(8): 49-53.
- [2] 李岩,陈德树,尹项根,等. 超高压长线的分相纵差

- 保护方案设计[J]. 电力系统自动化, 2002, 26(15): 49-52.
- LI Yan, CHEN De-shu, YIN Xiang-gen, et al. Scheme of the Current Differential Protection for Long UHV Transmission Line[J]. Automation of Electric Power Systems, 2002, 26(15): 49-52.
- [3] 林湘宁, 刘沛. 全电流与故障分量电流比例差动判据的比较研究[J]. 中国电机工程学报, 2004, 24(10): 27-31.
- LIN Xiang-ning, LIU Pei. Comparative Studies on Percentage Differential Criteria Using Phase Current and Superimposed Phase Current[J]. Proceedings of the CSEE, 2004, 24(10): 27-31.
- [4] 马文龙, 郭效军, 王文雄, 等. 一种超高压输电线路自适应分相电流差动保护新原理研究[J]. 电力自动化设备, 2004, 24(12): 12-16.
- MA Wen-long, GUO Xiao-jun, WANG Wen-xiong, et al. Study on New Principle of Adaptive Current Differential Protection for EHV Transmission Line[J]. Electric Power Automation Equipment, 2004, 24(12): 12-16.
- [5] 负保记, 王钢, 贺家李, 等. 自适应分相电流差动保护的研究[J]. 电力系统自动化, 1999, 23(10): 11-13.
- YUN Bao-ji, WANG Gang, HE Jia-li, et al. Research on Adaptive Dispersed Phase Current Differential Protection[J]. Automation of Electric Power Systems, 1999, 23(10): 11-13.
- [6] 高厚磊, 江世芳. 负荷电流对电流差动保护动作性能影响的分析[J]. 继电器, 1999, 27(1): 14-17.
- GAO Hou-lei, JIANG Shi-fang. Analysis for Affection of Load Current to Operating Performance of Current Differential Protection[J]. Relay, 1999, 27(1): 14-17.
- [7] 朱声石. 高压电网继电保护原理与技术[M]. 北京: 中国电力出版社, 2005.
- [8] 葛耀中. 新型继电保护与故障测距原理与技术[M]. 西安: 西安交通大学出版社, 1996.
- [9] 常宝波, 段玉倩, 贺家李, 等. 一种用于零、负序电流纵差保护的实用选相元件[J]. 电力系统自动化, 2005, 29(20): 76-80.
- CHANG Bao-bo, DUAN Yu-qian, HE Jia-li, et al. Practical Fault Type Selection Method for Line Zero and Negative Sequence Current Differential Protection[J]. Automation of Electric Power Systems, 2005, 29(20): 76-80.
- [10] 徐振宇, 杨奇逊, 刘万顺, 等. 一种序分量高压线路保护选相元件[J]. 中国电机工程学报, 1997, 17(3): 214-216.
- XU Zhen-yu, YANG Qi-xun, LIU Wan-shun, et al. A Sequence Fault Phase Selector for Transmission Line Protective Relay[J]. Proceedings of CSEE, 1997, 17(3): 214-216.
- [11] 韩祯祥, 吴国炎. 电力系统分析[M]. 杭州: 浙江大学出版社, 1997.
- [12] 索南加乐, 许庆强, 宋国兵, 等. 弱电源侧稳态电压对称分量选相元件[J]. 西安交通大学学报, 2003, 37(8): 778-782.
- SUONAN Jia-le, XU Qing-qiang, SONG Guo-bing, et al. A Fault Phase Selector on the weak Feed Backside of Transmission Line Using Voltage Symmetrical Components[J]. Journal of Xi'an Jiaotong University, 2003, 37(8): 778-782.

收稿日期: 2007-11-19; 修回日期: 2007-12-27

作者简介:

何谋超(1983-), 男, 硕士研究生, 主要从事电力系统继电保护故障选相的研究; E-mail: hmc19841215@163.com

何奔腾(1959-), 男, 教授, 博士生导师, 主要从事电力系统继电保护和控制的研究;

张武军(1980-), 男, 博士研究生, 主要从事电力系统继电保护的研究。

许继集团“高速铁路供电系统成套设备关键技术”项目通过专家论证

7月18日, 在省科技厅组织下, 以中国工程院院士、西南交通大学教授钱清泉为首的专家组对许继集团申报的河南省“十一五”重大科技专项——高速铁路供电系统成套设备关键技术研究项目进行了认真评审。通过听取项目可行性报告、察看科研和生产现场、审阅相关技术资料, 进行了质询和讨论, 并发表了意见和建议。专家组一致认为: 许继集团申报的高速铁路供电系统成套设备关键技术研究重大科技专项符合国家科技产业政策、高速铁路建设需求和河南省“十一五”科技发展规划, 符合高速铁路供电系统的技术及市场发展趋势的要求, 项目完成后可大幅提升企业的自主创新能力, 实现高速铁路供电系统成套关键技术装备的全面国产化, 提升河南省重大装备的制造水平。专家组认为, 该项目的总体目标明确, 实施方案合理可行, 创新点突出, 建议列入河南省“十一五”重大科技专项。