

基于数字微分算法的电力参数快速准确估算

吴杰康, 龙军, 王辑祥

(广西大学电气工程学院, 广西 南宁 530004)

摘要: 提出了一种基于数字微分和拉格朗日插值的、在较大范围内实现电力参数的频率、幅值和相角的快速而准确的测量算法。利用数字微分, 电力系统的频率、电压幅值和相角可以在 1 个半周波的时间内得到准确测量, 其测量精度达到 99.999%。提出的算法分两步进行, 第一步为频率估算; 第二步为第一幅值和相角计算。该算法适应于电压信号在 1~100 Hz, 电压幅值在 160~280 V, 相角在 0°~360° 的场合, 而且耗时短, 计算量小, 因而非常适合应用于实时性要求高的应用系统中。该文给出一实例, 并在 Matlab 上进行仿真, 其结果令人满意。

关键词: 电力系统; 参数估算; 数字微分; 拉格朗日插值

中图分类号: TM732 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-4897(2004)17-0001-05

0 引言

传统的电力参数如电压、电流、频率、相角、功率和电能等的监测分析算法往往采用快速傅里叶变换(FFT)^[1~4], 在有限的 CPU 或 DSP 资源的情况下很难达到人们所期望的高准确度。如果采用高性能的 CPU 或 DSP 来提高准确度, 将会使电能计量仪表的成本大幅度增加, 不利于电度表的市场推广。利用有限的 CPU 或 DSP 资源, 同时采用全周期交流采样和自适应采样技术以及一些新的监测分析算法, 可以取得令人满意的测量准确度。近年来, 国外采用小波变换算法或者基于快速傅里叶变换(FFT)和小波变换(WT)的综合算法应用于电力参数的测量, 已经取得了非常高的测量准确度(如 0.01 级)^[5~11]。但是, 这些算法十分耗时, 在实时性要求高的场合得不到很好的应用。

本文提出了一种基于数字微分的电力参数估算方法, 可以在一个半周期内完成准确测量, 来满足这种场合的要求。

1 数字微分

对于信号: $v(t) = 0$ (1)

设自变量 t 在 M 个点上作等距离变化, 则有:

$$t_0, t_1 = t_0 + h, t_2 = t_0 + 2h, \dots, t_M = t_0 + Mh$$

根据拉格朗日插值原理, 有:

$$P(x) = \sum_{m=0}^{M-1} \frac{\prod_{j=0, j \neq m}^{M-1} (t - t_j)}{\prod_{j=0, j \neq m}^{M-1} (t_m - t_j)} v_m \quad (2)$$

其中: $m = 0, 1, 2, \dots, k-1, k, k+1, \dots, M-1, M$ 为插值点数。

$P(x)$ 对 t 的一阶导数为:

$$P'(t) = \sum_{u=0}^{M-1} \frac{\prod_{j=0, j \neq u}^{M-1} (t - t_j)}{\prod_{j=0, j \neq u}^{M-1} (t_u - t_j)} v_0 + \sum_{u=1}^{M-1} \frac{\prod_{j=0, j \neq u}^{M-1} (t - t_j)}{\prod_{j=0, j \neq u}^{M-1} (t_1 - t_j)} v_1 + \dots + \sum_{u=m}^{M-1} \frac{\prod_{j=0, j \neq u}^{M-1} (t - t_j)}{\prod_{j=0, j \neq u}^{M-1} (t_m - t_j)} v_m + \dots + \sum_{u=M-1}^{M-1} \frac{\prod_{j=0, j \neq u}^{M-1} (t - t_j)}{\prod_{j=0, j \neq u}^{M-1} (t_{M-1} - t_j)} v_{M-1} \quad (3)$$

$P(x)$ 在 p 点的一阶导数为:

$$P'(x_p) = \frac{\prod_{j=0, j \neq k}^{M-1} (t_p - t_j)}{\prod_{j=0, j \neq k}^{M-1} (t_0 - t_j)} v_0 + \frac{\prod_{j=0, j \neq k}^{M-1} (t_p - t_j)}{\prod_{j=0, j \neq k}^{M-1} (t_1 - t_j)} v_1 + \dots + \frac{\prod_{j=0, j \neq k}^{M-1} (t_p - t_j)}{\prod_{j=0, j \neq k}^{M-1} (t_m - t_j)} v_m + \dots + \frac{\prod_{j=0, j \neq k}^{M-1} (t_p - t_j)}{\prod_{j=0, j \neq k}^{M-1} (t_{k-1} - t_j)} v_{k-1} + \frac{\prod_{j=0, j \neq k}^{M-1} (t_p - t_j)}{\prod_{j=0, j \neq k}^{M-1} (t_k - t_j)} v_k + \dots + \frac{\prod_{j=0, j \neq k}^{M-1} (t_p - t_j)}{\prod_{j=0, j \neq k}^{M-1} (t_{M-1} - t_j)} v_{M-1} + \dots + \left[\frac{\prod_{j=0, j \neq k}^{M-1} (t_p - t_j)}{\prod_{j=0, j \neq k}^{M-1} (t_k - t_j)} + \frac{\prod_{j=0, j \neq k}^{M-1} (t_p - t_j)}{\prod_{j=0, j \neq k}^{M-1} (t_k - t_j)} + \dots \right]$$

$$\frac{\prod_{j=0}^{M-1} (t_p - t_j)}{i \prod_{j=k}^{M-1} (t_k - t_j)} + \dots + \frac{\prod_{j=0}^{M-1} (t_p - t_j)}{i \prod_{j=k}^{M-1} (t_k - t_j)}] v_k \quad (4)$$

$P(x)$ 对 t 的二阶导数为:

$$P(t) = \sum_{u=0}^{M-1} \sum_{v=0}^{M-1} \frac{\prod_{j=0}^{M-1} (t - t_j)}{\prod_{j=0}^{M-1} (t_0 - t_j)} v_0 + \sum_{u=0}^{M-1} \sum_{v=0}^{M-1} \frac{\prod_{j=0}^{M-1} (t - t_j)}{\prod_{j=1}^{M-1} (t_1 - t_j)} v_1 + \dots + \sum_{u=0}^{M-1} \sum_{v=0}^{M-1} \frac{\prod_{j=0}^{M-1} (t - t_j)}{\prod_{j=m}^{M-1} (t_m - t_j)} v_m + \dots + \sum_{u=0}^{M-1} \sum_{v=0}^{M-1} \frac{\prod_{j=0}^{M-1} (t - t_j)}{\prod_{j=M-1}^{M-1} (t_{M-1} - t_j)} v_{M-1} \quad (5)$$

其中: $k = \text{floor}(M/2)$; $\text{floor}(A)$ 为取 A 的整数。

$P(x)$ 在 p 点的二阶导数为:

$$P(p) = (-1)^0 \frac{\prod_{j=0}^{k-1} (t_p - t_j) \prod_{j=k+1}^{M-1} (t_p - t_j)}{(M-1)! h^{M-1}} [v_{M-1} + v_0] + (-1)^1 \frac{2 \prod_{j=0}^{k-1} (t_p - t_j) \prod_{j=k+1}^{M-1} (t_p - t_j)}{(M-2)! h^{M-1}} [v_{M-2} + v_1] + (-1)^2 \frac{2 \prod_{j=0}^{k-1} (t_p - t_j) \prod_{j=k+1}^{M-1} (t_p - t_j)}{2 \times (M-3)! h^{M-1}} [v_{M-3} + v_2] + (-1)^3 \frac{2 \prod_{j=0}^{k-1} (t_p - t_j) \prod_{j=k+1}^{M-1} (t_p - t_j)}{3 \times 2 \times (M-4)! h^{M-1}} [v_{M-4} + v_3] + (-1)^4 \frac{2 \prod_{j=0}^{k-1} (t_p - t_j) \prod_{j=k+1}^{M-1} (t_p - t_j)}{4! \times (M-5)! h^{M-1}} [v_{M-5} + v_4] + (-1)^5 \frac{2 \prod_{j=0}^{k-1} (t_p - t_j) \prod_{j=k+1}^{M-1} (t_p - t_j)}{5! \times (M-6)! h^{M-1}} [v_{M-6} + v_5] + \dots + (-1)^m \frac{2 \prod_{j=0}^{k-1} (t_p - t_j) \prod_{j=k+1}^{M-1} (t_p - t_j)}{m! \times [M - (m+1)]! h^{M-1}} [v_{M-(m+1)} + v_m] + \dots$$

$$(-1)^{k-1} \frac{2 \prod_{j=0}^{k-1} (t_k - t_j) \prod_{j=k+1}^{M-1} (t_k - t_j)}{(k-1)! [M - [(k-1) + 1]]! h^{M-1}} [v_{M-[(k-1)+1]} + \frac{2 \prod_{j=0}^{k-1} (t_p - t_j) \prod_{j=k+1}^{M-1} (t_p - t_j)}{k! k! h^{M-1}} + \frac{2 \prod_{j=0}^{k-1} (t_p - t_j) \prod_{j=k+1}^{M-1} (t_p - t_j)}{k! k! h^2} + \frac{2 \prod_{j=0}^{k-1} (t_p - t_j) \prod_{j=k+1}^{M-1} (t_p - t_j)}{k! k! h^{M-1}} + \dots + \frac{2 \prod_{j=0}^{k-1} (t_p - t_j) \prod_{j=k+1}^{M-1} (t_p - t_j)}{k! k! h^{M-1}} + \dots + \frac{2 \prod_{j=0}^{k-1} (t_p - t_j) \prod_{j=k+1}^{M-1} (t_p - t_j)}{k! k! h^2}] v_k \quad (6)$$

$P(x)$ 对 t 的三阶导数为:

$$P^{(3)}(t) = \sum_{u=0}^{M-1} \sum_{v=0}^{M-1} \sum_{w=0}^{M-1} \frac{\prod_{j=0}^{M-1} (t - t_j)}{\prod_{j=0}^{M-1} (t_0 - t_j)} v_0 + \sum_{u=0}^{M-1} \sum_{v=0}^{M-1} \sum_{w=0}^{M-1} \frac{\prod_{j=0}^{M-1} (t - t_j)}{\prod_{j=1}^{M-1} (t_1 - t_j)} v_1 + \dots + \sum_{u=0}^{M-1} \sum_{v=0}^{M-1} \sum_{w=0}^{M-1} \frac{\prod_{j=0}^{M-1} (t - t_j)}{\prod_{j=m}^{M-1} (t_m - t_j)} v_m + \dots + \sum_{u=0}^{M-1} \sum_{v=0}^{M-1} \sum_{w=0}^{M-1} \frac{\prod_{j=0}^{M-1} (t - t_j)}{\prod_{j=M-1}^{M-1} (t_{M-1} - t_j)} v_{M-1} \quad (7)$$

$P(x)$ 四阶导数为:

$$P^{(4)}(t) = \sum_{u=0}^{M-1} \sum_{v=0}^{M-1} \sum_{w=0}^{M-1} \sum_{s=0}^{M-1} \frac{\prod_{j=0}^{M-1} (t - t_j)}{\prod_{j=0}^{M-1} (t_0 - t_j)} v_0 + \sum_{u=0}^{M-1} \sum_{v=0}^{M-1} \sum_{w=0}^{M-1} \sum_{s=0}^{M-1} \frac{\prod_{j=0}^{M-1} (t - t_j)}{\prod_{j=1}^{M-1} (t_1 - t_j)} v_1 + \dots +$$

$$\sum_{u=0}^{M-1} \sum_{v=0}^{M-1} \sum_{w=0}^{M-1} \sum_{s=0}^{M-1} \frac{\prod_{j=0}^{M-1} (t - t_j)}{\prod_{j=m}^{M-1} (t_m - t_j)} v_m + \dots +$$

$$\sum_{u=0}^{M-1} \sum_{v=0}^{M-1} \sum_{w=0}^{M-1} \sum_{s=0}^{M-1} \frac{\prod_{j=0}^{M-1} (t - t_j)}{\prod_{j=M-1}^{M-1} (t_{M-1} - t_j)} v_{M-1}$$

(8)

2 参数估算

2.1 频率估算

对于电力系统而言,电压信号可以表述为:

$$v(t) = V \sin(2ft + \phi) \quad (9)$$

在未知系统频率的实际值的情况下,以固定的采样频率 512 × 50 Hz (其中 512 为在一个周期内的采样点数)对电压信号进行采样,得到电压信号的采样序列:

$$v(n) = V \sin(2f \frac{nT}{N} + \phi) = V \sin(2ft_s + \phi) \quad (10)$$

其中: $t_s = \frac{nT}{N}$ 。

$v(n)$ 对 t_s 的一阶导数为:

$$v'(n) = 2fv \cos(2ft_s + \phi) \quad (11)$$

$v(n)$ 对 t_s 的二、三和四阶导数分别为:

$$v''(n) = -(2f)^2 V \sin(2ft_s + \phi) \quad (12)$$

$$v^{(3)}(n) = -(2f)^3 V \cos(2ft_s + \phi) \quad (13)$$

$$v^{(4)}(n) = (2f)^4 V \sin(2ft_s + \phi) \quad (14)$$

式(14)除以式(12),式(13)除以式(11),分别得:

$$(2f)^2 = \frac{-v^{(4)}(n)}{v(n)} \quad (15)$$

$$(2f)^2 = \frac{-v^{(3)}(n)}{v'(n)} \quad (16)$$

由式(15)和式(16),可以利用采样序列值估算出系统频率的实际值:

$$f = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{-v^{(4)}(n)}{v(n)}} \quad (17)$$

$$f = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{-v^{(3)}(n)}{v'(n)}} \quad (18)$$

2.2 幅值估算

式(13)乘以 $2f$,并两边平方得:

$$(2f)^2 [v^{(3)}(n)]^2 = (2f)^8 V^2 \cos^2(2ft_s + \phi) \quad (19)$$

式(14)两边平方得:

$$[v^{(4)}(n)]^2 = (2f)^8 V^2 \sin^2(2ft_s + \phi) \quad (20)$$

由式(13)和式(14)可以求出电压的幅值:

$$V = \sqrt{f^2 (2f)^2 [v^{(3)}(n)]^2 + [v^{(4)}(n)]^2} / (2f)^8 \quad (21)$$

2.3 相角估算

式(14)除以(13)得:

$$\tan(2fnT/N + \phi) = -\frac{v^{(4)}(n)}{v^{(3)}(n)2f} \quad (22)$$

由此可以求出信号的相角:

$$\phi = \arctan\left(-\frac{v^{(4)}(n)}{v^{(3)}(n)2f}\right) - \frac{2fnT}{N} \quad (23)$$

3 算法实现

本文提出的算法首先在第一周波测量出系统频率,然后在第二周波测量电压的幅值和相角,具体步骤如下:

- 1) 在第一周波,以选择固定采样频率 512 × 50 Hz 对信号进行采样,得到采样序列 SC1;
- 2) 按式(4)、(6)、(7)和(8),用采样序列 SC1 分别计算的一阶、二阶、三阶和四阶导数;
- 3) 按式(17)或(18)估算系统频率 f_e ;
- 4) 在第二周波,以选择采样频率 512 × f_e Hz 对信号进行采样,得到采样序列 SC2;
- 5) 按式(4)、(6)、(7)和(8),用采样序列 SC2 分别计算 $v(n)$ 的一阶、二阶、三阶和四阶导数;
- 6) 按式(21)计算电压的幅值;
- 7) 按式(23)计算电压的相角。

4 实例计算

假如配电系统中某相的电压幅值在 160 ~ 280 V,相角在 0 ~ 360°,系统频率在 1 ~ 100 Hz,那么该电压信号可以表示为:

$$v(t) = \sqrt{2} V \sin(2ft + \phi) \quad (27)$$

为了验证本文所提出的算法,我们在 Matlab 平台上进行了数字仿真,仿真结果如表 1 所示。

当频率在 1 ~ 100 Hz,电压幅值在 160 ~ 280 V,相角在 0 ~ 360°,频率、电压幅值和相角的测量精度均高于 99.999%。

表 2 ~ 4 分别给出了本算法 (ND) 与现有的算法如离散傅里叶变换 DFT (Discrete Fourier Transform) 和连续小波变换 CWT (Continuous Wavelet Transform) 等在频率、电压幅值和相角估算上的比较 (DFT 和 CWT 的数据来自文献 [12])。从表 2 ~ 4 中的数据可以看出,本算法在电力参数的测量方面有明显的优势。本算法

测量频率、电压幅值和相角的误差最小,其次是 CWT 算法,误差最大的是 DFT 算法。

表 1 电力参数的估算

Tab. 1 Parameter estimation of power systems

频率/Hz		电压幅值/V		相角/(°)	
实际值	测量值	实际值	测量值	实际值	测量值
98	97.999 9	280	279.99	335	335
83	83.000 0	160	159.99	168	167.99
76	76.000	245	245.00	73	73.000
64	64.000	210	210.00	230	230.00
58.385	58.384 9	210	209.99	12	12.000
56.234	56.234	200	200.00	0	0
55.189	55.189	180	179.99	100	100.00
54.623	54.623	120	120.00	265	265.00
53.856	53.856	150	150.00	300	299.99
52.588	52.588	170	170.00	180	180.00
51.576	51.576	110	109.99	63	62.999
50.000	50.000	100	100.00	240	240.00
49.163	49.163	260	260.00	20	20.000
48.374	48.374	300	299.99	130	130.00
47.610	47.610	240	239.99	270	270.00
46.244	46.244 0	280	279.99	45	45.000
45.024	45.024	220	219.99	5	4.999 9
64.366	64.366	250	250.00	115	114.99
78.586	78.585 9	150	149.99	325	325.00
88.478	88.478	190	189.99	155	154.99
100.460	100.459	260	259.99	80	80.00

表 2 频率估算比较

Tab. 2 Comparison of frequency estimation

实际值 / Hz	ND		DFT		CWT	
	估算	误差/(%)	估算	误差/(%)	估算	误差/(%)
25	25.000	0	24.99	-0.04	25.00	0
35.35	35.350	0	35.30	-0.14	35.36	-0.028
35.85	35.850	0	35.82	-0.084	35.85	0
50	50.000	0	49.99	-0.02	50.01	0.02
86.6	86.600	0	86.64	0.046	86.62	0.023
150	149.999	-0.000 7	149.96	-0.027	150.02	0.013

表 3 电压幅值估算比较

Tab. 3 Comparison of voltage amplitude estimation

实际值 / V	ND		DFT		CWT	
	估算	误差/(%)	估算	误差/(%)	估算	误差/(%)
0.3	0.30	0	0.30	0	0.30	0
0.2	0.20	0	0.17	-15	0.20	0
0.7	0.70	0	0.62	-11.4	0.70	0
1.0	0.999	0	0.97	-3	1.00	0
0.5	0.50	0	0.38	-24	0.50	0
0.4	0.40	0	0.31	-22.5	0.40	0

表 4 相角估算比较

Tab. 4 Comparison of phase angle estimation

实际值 /(°)	ND		DFT		CWT	
	估算	误差/(%)	估算	误差/(%)	估算	误差/(%)
70	70.0	0	81.45	-16.36	70.00	0
60	60.0	0	137.80	129.667	60.29	0.48
80	80.0	0	124.53	55.66 %	79.98	-0.025
0	0	0	22.39		0.01	
90	90	0	18.09	-79.9	89.99	-0.011
40	40	0	107.37	168.68	40.00	0

表 5 计算时间比较

Tab. 5 Comparison of computation time

	NDBA	SDFT	DFT	Prony
t/s	0.2	0.54	0.71	2.03

表 5 给出了 DFT、CWT 和本算法在计算时间方面的比较结果。DFT、SDFT 和 CWT 算法的计算时间来自于文献[13],可见,在计算时间上本算法也优于现有的其他算法。

5 结论

本文提出了基于数字微分算法电力参数的估算方法。从以上仿真结果和实际运行数据,可以得出下面的结论:

- 本算法对电力参数的估算分两步进行。第一步为系统频率的估算,第二步为仿真和相角的计算。
- 采用本算法,系统频率、电压幅值和相角的测量精度可以到达 99.999 %。
- 当采用单个指令周期小于 0.125 μ s 的 16 位 CPU 来完成本算法时,完成所有参数估算至多需要 10 ms。

d. 本算法适应于电压信号在 1~100 Hz,电压幅值在 160~280 V,相角在 0~360 的场合。

e. 与 FFT 和 CWT 相比,本算法不仅耗时短,而且计算量也大大减少,因此非常适合应用于实时性要求高的应用系统中。

f. 本算法无需借助任何可知的参数。也就是说,不管电压信号参数为何值,利用本算法在 1 个半周期内即可完成准确测量。

参考文献:

- Yang J Z, Liu C W. A Precise Calculation of Power System Frequency[J]. IEEE Trans on Power Delivery, 2001,16(3): 361-366.
- Yang J Z, Liu C W. A Precise Calculation of Power System Frequency and Phasor[J]. IEEE Trans on Power Delivery, 2000,15(2):361-366.
- Lu S L, Lin C E, Huang C L. Power Frequency Harmonic Measurement Using Integer Periodic Extension Method[J]. Electric Power Systems Research, 1998,44:107-115.
- Moore P J, Johns A T. A New Numeric Technique for High speed Evaluation of Power System Frequency[J]. IEE Proc—Gener, Transm and Distrib, 1994,141(5):529-536.
- Pham V L, Wong K P. Wavelet-transform based Algorithm for Harmonic Analysis of Power System Waveforms[J]. IEE Proc—Gener, Transm and Distrib, 1999,146(3):249-254.

- [6] Driesen J, Craenenbroek T V, Dommelen D V. The Registration of Harmonic Power by Analog and Digital Power Meters [J]. IEEE Trans on Instrumentation and Measurement, 1998, 47(1):195-198.
- [7] Yoon W K, Devaney M J. Power Measurement Using the Wavelet Transform [J]. IEEE Trans on Instrumentation and measurement, 1998, 47(5):1205-1210.
- [8] Meunier M, Brouaye F. Fourier Transform, Wavelets, Prony Analysis: Tools for Harmonic and Quality of Power [J]. Proc 8th Int Conf on Harmonic and Quality of Power. Athens (Greece):1998. 71-76.
- [9] Yoon W K, Devaney M J. Reactive Power Measurement Using the Wavelet Trans [J]. IEEE Trans on Instrumentation and Measurement, 2000, 49(2):246-252.
- [10] Fillipski P S, Labaj P W. Evaluation of Reactive Power Meters in the Presence of High Harmonic Distortion [J]. IEEE Trans on Power Delivery, 1992, 7(4):1793-1799.
- [11] Johan D, Ronnie B. Time-frequency Analysis in Power Measurement Using Complex Wavelets [J]. IEEE Trans on Power Systems, 2002.
- [12] Pham V L, Wong K P. Wavelet-transform based Algorithm for Harmonic Analysis of Power System Waveforms [J]. IEE Proc—Gener, Transm and Distrib, 1999, 146(3):249-254.
- [13] Yang J Z, Liu C W. A Precise Calculation of Power System Frequency [J]. IEEE Trans on Power Delivery, 2001, 16(3):361-366.

收稿日期: 2003-12-08; 修回日期: 2004-02-01

作者简介:

吴杰康(1965-),男,副教授,主要研究方向为电力系统智能仪表、电力系统智能检测与智能控制、配电自动化、电力市场;E-mail:wujiekang@163.com

王辑祥(1939-),男,教授,主要研究方向为电力系统自动控制;

龙军(1956-),男,副教授,主要研究方向为电力市场、电力系统自动控制。

An algorithm for parameter estimation of power system based on numerical differentiation

WU Jie-kang, LONG Jun, WANG Ji-xiang

(School of Electrical Engineering, Guangxi University, Nanning 530004, China)

Abstract: An algorithm for parameter estimation with a wide range using numerical differentiation and central Lagrange interpolation is presented in this paper. The sample consequences and its multi-order differentiation of the fundamental harmonic are employed for estimation computation. The proposed algorithm is adaptive to any signals with its fundamental frequency varying from 1Hz to 100Hz, its amplitude varying from 160V to 280V, and its phase angle varying from 0° to 360°. The proposed algorithm for parameter estimation needs in most one and half cycles with an accuracy of more than 99.999%. An example is simulated in Matlab software with satisfactory results for estimation of fundamental frequency, amplitude and phase.

Key words: power system; parameter estimation; numerical differentiation; Lagrange interpolation

许继保护产品通过电科院 750 kV 动模实验

近日,在北京中国电力科学院系统研究所举行的电力系统 750 kV 继电保护动态模拟试验中,许继公司参加试验的 WXH-801、802、803 变压器保护、电抗器保护、线路保护、母线保护共 6 项动模试验,得到专家组的一致好评,称“许继保护 750 kV 动模试验整体较好”,某些关键指标赶上或超过国内最高水平。其中 800 电抗器保护整体性能优越,是所有参加 750 kV 动模试验中唯一没有问题的产品;800 高压线路保护产品试验结果比较理想;800 变压器保护在励磁涌流判别关键指标方面表现很好;800 母线保护整体表现良好。

国家“十一·五”重点攻关项目——《750 kV 继电保护装置的研制》,也是许继公司的重点科研攻关项目。该项目主要是借鉴 500 kV 继电保护成熟的研究、设计、制造和运行经验,依托西北电网 750 kV 输变电示范工程,针对 750 kV 系统输送容量更大、暂态过程更长的特点,研制出具有国际先进水平、安全可靠、动作速度更快,能够适用于 750 kV 系统保护的输电线路、变压器、母线和并联电抗器的成套保护装置。该攻关项目对检验许继公司研发队伍实力,提升高端产品形象,明确今后保护研发方向等都具有重要意义。国内外同类竞争厂家对该项目都非常重视。这次试验,是近年来国内在电力系统保护高端领域第一次历史性的比武及科研实力的检阅。参加试验的各厂家中,许继高压线路保护出现的问题最少、最轻,整体性能最佳,进一步提升了许继高新技术企业的良好形象。