

影响遥测精度的因素分析

李智勇

(云南电网公司 德宏分公司调度中心,云南 德宏 678400)

摘要: 影响遥测精度的因素有很多,如电压互感器、电流互感器的精度,采样频率,模数转换位数等。在变电站自动化系统中,各种型号的测控装置对遥测系数的处理方法不尽相同,以 SL300 监控系统为例,就其在系数处理上的问题,用数学的方法分析了系数精度不够及满码值设置不当对遥测精度的影响。提出只有系数小数位数足够,且满码值选择恰当,才能最大限度地减小换算误差。

关键词: 数据形成; 精度; 数据后处理; 工程量; 系数; 误差

中图分类号: TP 873

文献标识码: A

文章编号: 1006-6047(2006)09-0094-04

0 引言

通常把遥测误差等同于采集误差,认为遥测误差只由采集装置产生,而忽略了其他因素引起的误差。实际上,遥测误差除在采集过程中产生外,数据形成后,经过再处理、传输、计算、数据再现等过程,最终将无法直接获取的信号转换为可以直接识别的、能反映真实情况的信息,数据处理过程中的各个环节都有可能产生误差,而在这些过程中,采集误差是不可避免的,它受到技术和设备采集精度的限制,并且采集结果只可能接近实际值而不可能等于实际值,在各环节误差中是最主要的^[1-5]。

由文献[6-7]可知,遥测总误差不大于 1.5%。其中,电流、电压采集精度为 0.2 级,功率采集精度为 0.5 级。目前,市场上广为采用的交流采样装置电流、电压采集精度均为 0.2 级,功率为 0.5 级。在数据后处理过程中,虽然会产生误差,但都可以减小和控制到可以忽略,因此往往被真正地忽略,甚至不知这些环节会产生误差,从而导致本文问题的产生^[8]。

1 数据后处理过程中的误差

在远动数据传输中,遥测量传送的最大工程量一般都需要统一,并保留一定的过载传输能力(一般为 1.2~2 倍)。以目前广为应用的部颁 CDT 为例(以下如不特别注明,均以部颁 CDT 为例)^[9],其遥测传送最大值为 2 047,即被测值为额定值时,远动数据传送值为 $2\,047/1.2 \approx 1\,706$ 。而不同的测量装置对同一被测值的表示各不相同,如积成电子 CAM 211 型装置二次 5 A 对应的编码值为 5000,南自 PSR 651 型装置二次 5 A 对应的编码值为 500,所以,要将其传送给调度要经过一定的换算,如果换算方法选择不当,将影响被测值的精度。这将在下文中涉及。

按照惯例,在当地监控或调度显示终端上,电压

一般以 kV 为单位,显示 2~3 位小数,电流以 A 为单位,显示 1~2 位小数,功率以 MW 或 kW 为单位,显示 2~3 位小数(下面分析中,如未注明单位,则电流为 A,电压为 kV,功率为 MW)。一般,如按上述原则处理,则遥测在该环节的误差不会超过允许范围。

2 数据后处理误差的产生

2.1 转发工程量过小引起远传数据精度降低问题

往常,SL 300 系统的厂家现场技术人员推荐按“变比”设置<满码值>和<系数>,此处的<满码值>与以往理解的满码值 2 047 不同,这里为 SL 300 软件内定的称谓,实际是一次额定值对应的编码值,以下用“<>”表示 SL 300 内设置项称谓,其设置方法如下:<满码值>=一次额定值 $\times 10^n$,<系数>= 10^{-n} 其中, n 为正整数或负整数;<满码值>要尽量大但又小于 2 047。

例如:电流互感器(TA)变比为 200/5,电流遥测量的<满码值>就设置为 200,<系数>设为 1,则 100.5 A 电流时,上传调度编码值为 065 Hex(101 A),传送误差为 $100 \times 100\% \times (101 - 100.5) / 200 = 0.25\%$ 。遥测误差典型的案例计算见表 1、2,各量计算公式如下:

$x/3$ 标准值 = $x/3 \times$ 额定值

$x/3$ 传送值 = $x/3 \times$ 满码值

误差 = $[(x/3 \text{ 传送值} \times \text{系数} - x/3 \text{ 标准值}) \div \text{额定值}] \times 100 \times 100\%$

小数四舍五入的处理误差 = $(0.5 / \text{满码值}) \times 100 \times 100\%$

舍弃小数的处理误差 = $(1 / \text{满码值}) \times 100 \times 100\%$

由表 1、2 中可见,<满码值>设置越小误差越大,当<满码值>为 173 时,各种计算方法算得的误差均为最大;反之,<满码值>越大误差越小,当<满码值>大于 1 000 时,各项误差均<0.1%,当<满码值>接近 1 706 时,误差接近 0.05%,完全可以忽略。例如:110 kV 的线路,TA 变比为 1 000/5,其功率额

表 1 按变比(SL 300 的满码值)设置的系数与功率精度关系表
Tab.1 Relationship between power accuracy and coefficient set by ratio(full code value of SL300)

序号	I_{Ni}/A	U_{Ni}/kV	<满 码值>	P_{Ni}/MW	系数 (10^n)	1/3 标准值	1/3 传送值	误差 1 /%	2/3 额定值	2/3 传送值	误差 2 /%	3/3 额定值	3/3 传送值	误差 3 /%	小数四舍 五入的误 差 / %	舍弃小 数的误差 / %
1	50	10	866	0.866	0.001	0.288667	289	0.03849	0.577333	577	0.0385	0.866	866	0	0.058	0.115
2	100	10	173	1.732	0.01	0.577333	58	0.15396	1.154667	115	0.2694	1.732	173	0.11547	0.289	0.578
3	300	10	520	5.196	0.01	1.732	173	0.03849	3.464	346	0.077	5.196	520	0.07698	0.096	0.192
4	200	35	1212	12.124	0.01	4.041333	404	0.011	8.082667	808	0.022	12.124	1212	0.03299	0.041	0.083
5	300	35	182	18.186	0.1	6.062	61	0.20895	12.124	121	0.132	18.186	182	0.07698	0.275	0.549
6	800	35	485	48.496	0.1	16.16533	162	0.07148	32.33067	323	0.0632	48.496	485	0.00825	0.103	0.206
7	200	110	381	38.104	0.1	12.70133	127	0.0035	25.40267	254	0.007	38.104	381	0.0105	0.131	0.262
8	300	110	572	57.156	0.1	19.052	191	0.08398	38.104	381	0.007	57.156	572	0.07698	0.087	0.175
9	1000	110	191	190.52	1	63.50667	64	0.25894	127.0133	127	0.007	190.52	191	0.25194	0.262	0.524
10	800	220	305	304.83	1	101.6107	102	0.12772	203.2213	203	0.0726	304.832	305	0.05511	0.164	0.328
11	2000	220	762	762.08	1	254.0267	254	0.0035	508.0533	508	0.007	762.08	762	0.0105	0.066	0.131
最大误差 / %								0.25894		0.2694		0.25194		0.289		0.578

注：表中所有数据计算，除特别注明外，均按四舍五入处理； P_{Ni} 为功率一次额定值； I_{Ni} 、 U_{Ni} 为 TA、TV 一次额定值；表 2~4 同。

表 2 按变比(SL 300 的满码值)设置的系数与电流、电压量精度关系表
Tab.2 Relationship between current/voltage accuracy and coefficient set by ratio(full code value of SL300)

序号	一次 额定值	<满码 值>	系数 (10 ⁿ)	1/3 标准值	1/3 传送值	误差 1 /%	2/3 标准值	2/3 传送值	误差 2 /%	3/3 标准值	3/3 传送值	误差 3 /%	小数四舍 五入的误 差 / %	舍弃小 数的误差 / %	
1	50	500	0.1	16.66667	167	0.0666667	33.333333	333	0.0666667	50	500	0	0.1	0.2	
2	100	1000	0.1	33.33333	333	0.0333333	66.666667	667	0.0333333	100	1000	0	0.05	0.1	
3	200	200	1	66.66667	67	0.1666667	133.33333	133	0.1666667	200	200	0	0.25	0.5	
4	300	300	1	100	100	0	200	200	0	300	300	0	0.167	0.333	
5	1000	1000	1	333.3333	333	0.0333333	666.66667	667	0.0333333	1000	1000	0	0.05	0.1	
6	1200	1200	1	400	400	0	800	800	0	1200	1200	0	0.042	0.083	
7	1500	1500	1	500	500	0	1000	1000	0	1500	1500	0	0.033	0.067	
8	2000	200	10	666.6667	67	0.1666667	1333.3333	133	0.1666667	2000	200	0	0.25	0.5	
9	3000	300	10	1000	100	0	2000	200	0	3000	300	0	0.167	0.333	
10	10	1000	0.01	3.333333	333	0.0333333	6.6666667	667	0.0333333	10	1000	0	0.05	0.1	
11	6	600	0.01	2	200	0	4	400	0	6	600	0	0.083	0.167	
12	110	1100	0.1	36.66667	367	0.030303	73.333333	733	0.030303	110	1100	0	0.045	0.091	
最大误差 / %						0.1666667			0.1666667			0.25			0.5

定值为 19.052 MW,<满码值> 设为 191(1 905×1.2=2 286>2 047),若待传送值按四舍五入处理,其传送误差为 0.26 %,若待传送值按舍弃小数处理,其传送误差为 0.52 %。再如:110 kV 线路,TA 变比为 800/5,其功率额定值为 152.42 MW,<满码值> 设为 1524(152.42 MW 上传值为 1 524),<系数> 设为 0.1,待传送值的小数四舍五入,其传送误差为 0.03 %,舍弃待传送值的小数,其传送误差为 0.066 %;若<满码值> 设为 152(152.42 MW 上传值为 152),<系数> 设为 1,则上述误差都扩大了 10 倍,分别为 0.3 %、0.66 %。可见,遥测量传送值大小关系到遥测精度,同一遥测值,传送工程量越大,因转发换算产生的误差越小。

因此,扩大<满码值>,可解决远传数据精度低的问题。至于当地精度,因为通信服务模块 Ccs 与数据服务器 BaseDb 间是通过软总线 Sb.exe 实现数据共享,软总线是采用 TCP/IP 协议实现互联的,可处理浮点数据,而部颁 CDT 无法直接传输小数,故该处理方式主要影响远传数据精度,对当地影响不大。

对遥测转发的处理,按其他类型远动设备的处理

方式可解决问题:二次为额定值(实际上一次也为额定值),即电流为 5 A,电压为 100 V,功率为 866 W,传送的编码值分别为 500、1 000、1 732(=866×2)。也可统一二次为额定值时的转发编码值,如 1 706(2 047/1.2)。但无论哪种方式,在编码转化过程中都会因计算参数精度而产生一定的误差。因此,要充分估计各种方式可能带来的误差,从中择优。

2.2 系数精度过低引起遥测精度降低的问题
由于上述原因,打算统一遥测转发计算,使之满足精度,即 1.2 倍额定值时对应 CDT 规约的最大工程量 2 047。此方式下,<满码值>=2 047/1.2≈1 706,<系数>=一次额定值×1.2/2 047。此时,前面已分析过其远传精度能够满足要求,现在分析当地是否满足。

在积成电子公司的 SL 300 监控系统中,远传数据和当地数据“共用”<满码值>和<系数>。SL 300 程序实际计算用的是 7 位小数,计算所得数据四舍五入约去最后 1 位数。但在 CCS 里,<系数>只显示 3 位小数,CCSEdit 里,<系数>显示 4 位小数,这样易让使用者误解,认为系统只认 3 位或 4 位小数,

于是只置入 3 位或 4 位小数,造成因小数位数过少,而降低了遥测当地显示的精度。

由于软件的设计使人产生了误解,<系数>只置入 3 位或 4 位小数,于是造成当地监控遥测精度不够的问题。如 10 kV 电压量,<满码值>设为 1 706,系数为 0.005 862 2,但基于 SL 300 显示引起的误判,实际置入 0.006,当一次值实际为 10 kV 时,按此系数计算得: $1\,706\times0.006=10.236\text{ (kV)}$,"计算误差"为 $(10.236-10)/10=2.36\%$,远远超过标准规定。该方式下遥测误差典型案例计算见表 3、4,表中各量计算公式如下^[10]:

$$P_{\text{NI}}=I_{\text{NI}}\times U_{\text{NI}}\times 1.732\times 10^{-3}\tag{1}$$

$$\text{系数 } x \text{ 还原额定值}=\text{round}(2047/1.2,0)\times \text{系数 } x\tag{2}$$

$$\text{系数 } x \text{ 还原额定值误差}=\frac{\text{系数 } x \text{ 还原额定值}-\text{一次额定值}}{\text{一次额定值}}\times 100\tag{3}$$

$$\text{系数 } n=\text{一次额定值}\times 1.2/2\,047\tag{4}$$

表 3 按最大工程量设置<满码值>和<系数>时,功率精度与系数小数位数关系表
Tab.3 Relationship between power accuracy and decimal fraction digits of coefficient, when full code value and coefficient are set according to maximum engineering unit

序号	I_{NI}/A	U_{NI}/kV	<满码值>	P_{NI}/MW	系数 n	系数 n 还原 额定值	误差 n /%	系数 3	系数 3 还 原额定值	误差 3 /%	系数 4	系数 4 还 原额定值	误差 4 /%
1	50	10	1 706	0.866	0.000 507 67	0.866 085	0.009 8	0.001	1.706	97	0.000 5	0.853	1.501
2	100	10	1 706	1.732	0.001 015 34	1.732 169	0.009 8	0.001	1.706	1.501	0.001	1.706	1.501
3	300	10	1 706	5.196	0.003 046 019	5.196 508	0.009 8	0.003	5.118	1.501	0.003	5.118	1.501
4	75	6	1 706	0.779 4	0.000 456 903	0.779 476	0.009 8	0	0	100	0.000 5	0.853	9.443
5	200	35	1 706	12.124	0.007 107 377	12.125 18	0.009 8	0.007	11.942	1.501	0.007 1	12.11	0.094
6	300	35	1 706	18.186	0.010 661 065	18.187 78	0.009 8	0.011	18.766	3.189	0.010 7	18.25	0.375
7	800	35	1 706	48.496	0.028 429 507	48.500 74	0.009 8	0.028	47.768	1.501	0.028 4	48.45	0.094
8	200	110	1 706	38.104	0.022 337 469	38.107 72	0.009 8	0.022	37.532	1.501	0.022 3	38.04	0.158
9	300	110	1 706	57.156	0.033 506 204	57.161 58	0.009 8	0.034	58.004	1.484	0.033 5	57.15	0.009
10	1 000	110	1 706	190.52	0.111 687 347	190.538 6	0.009 8	0.112	191.07	0.29	0.111 7	190.6	0.021
11	800	220	1 706	304.832	0.178 699 756	304.861 8	0.009 8	0.179	305.37	0.178	0.178 7	304.9	0.01
12	2 000	220	1 706	762.08	0.446 749 389	762.154 5	0.009 8	0.447	762.58	0.066	0.446 7	762.1	0.001
最大误差/%							0.009 8			100			9.443

表 4 按最大工程量设置<满码值>和<系数>时,电流、电压精度与系数小数位数关系表
Tab.4 Relationship between current/voltage accuracy and decimal fraction digits of coefficient, when full code value and coefficient are set according to maximum engineering unit

序号	一次额 定值	<满码值>	系数 n	系数 n 还原 额定值	误差 n /%	系数 3	系数 3 还原 额定值	误差 3 /%	系数 4	系数 4 还原 额定值	误差 4 /%
1	50	1 706	0.029 311 187	50.005	0.009 8	0.029	49.474	1.052	0.0293	49.985 8	0.028 4
2	100	1 706	0.058 622 374	100.01	0.009 8	0.059	100.654	0.654	0.0586	99.971 6	0.028 4
3	300	1 706	0.175 867 123	300.03	0.009 8	0.176	300.256	0.085 3	0.175 9	300.085	0.028 5
4	400	1 706	0.234 489 497	400.04	0.009 8	0.234	399.204	0.199	0.2345	400.057	0.014 2
5	600	1 706	0.351 734 245	600.06	0.009 8	0.352	600.512	0.085 3	0.351 7	600	3×10^{-5}
6	800	1 706	0.468 978 994	800.08	0.009 8	0.469	800.114	0.014 2	0.469	800.114	0.014 2
7	1 000	1 706	0.586 223 742	1 000.1	0.009 8	0.586	999.716	0.028 4	0.586 2	1 000.06	0.005 7
8	1 200	1 706	0.703 468 49	1 200.1	0.009 8	0.703	1 199.32	0.056 8	0.703 5	1 200.17	0.014 3
9	1 500	1 706	0.879 335 613	1 500.1	0.009 8	0.879	1 499.57	0.028 4	0.879 3	1 500.09	0.005 7
10	2 000	1 706	1.172 447 484	2 000.2	0.009 8	1.172	1 999.43	0.028 4	1.172 4	2 000.11	0.005 7
11	3 000	1 706	1.758 671 226	3 000.3	0.009 8	1.759	3 000.85	0.028 5	1.758 7	3 000.34	0.011 4
12	10	1 706	0.005 862 237	10.001	0.009 8	0.006	10.236	2.36	0.005 9	10.065 4	0.654
13	6	1 706	0.003 517 342	6.000 6	0.009 8	0.004	6.824	13.733	0.003 5	5.971	0.483 3
14	35	1 706	0.020 517 831	35.003	0.009 8	0.021	35.826	2.36	0.020 5	34.973	0.077 1
15	110	1 706	0.064 484 612	110.01	0.009 8	0.064	109.184	0.741 8	0.064 5	110.037	0.033 6
16	220	1 706	0.128 969 223	220.02	0.009 8	0.129	220.074	0.033 6	0.129	220.074	0.033 6
最大误差/%					0.009 8			13.733			0.654

3 结语

通过上述分析得知,遥测精度不仅受采集装置器件精度的影响,在传输处理过程中,也会造成误差。系数精度和工程量传送大小均可能对遥测精度造成影响。如果可能,工程量传送得越大,系数精度越高(小数位数越多),则遥测精度因传输和计算所产生的误差就越小。在软件设计、工程施工、系统维护过程中,既要考虑系统的统一性和可维护性,也不能忽略基本技术条件的满足,如上述为了简化计算过程或随意减少系数显示位数,而忽略了遥测精度的做法实在得不偿失。

遥测精度问题看似小,实则大。在超高压系统里,0.5 % 的误差就会影响到大机组的投与切。因此,应该引起足够重视,严格按规程办事。

参考文献：

[1] 毕胜春. 电力系统远动及调度自动化[M]. 北京:中国电力出版

社,2000.
[2] 刘贯宇. 电力系统远动技术[M]. 北京:水利电力出版社,2000.
[3] 柳永智. 电力系统远动[M]. 北京:中国电力出版社,2003.
[4] 盛寿麟. 电力系统远动原理[M]. 北京:中国电力出版社,2001.
[5] 刘家军. 微机远动技术[M]. 北京:中国水利水电出版社,2001.
[6] 明祖宇,张秀莲,崔欣华,等. DL516-93 电网调度自动化系统运行管理规程[S]. 北京:中国水利水电出版社,1999.
[7] 陈炳昌,乔福楨,邢若海,等. DL/T 550-1994 地区电网调度自动化功能规范[S]. 北京:中国水利水电出版社,1999.
[8] 刘佩娟,谭文恕,许文青,等. DL/T 630-1997 交流采样远动终端技术条件[S]. 北京:中国水利水电出版社,1999.
[9] 叶世勋,谭文恕,张秀莲,等. DL 451-1991 循环式远动规约[S]. 北京:中国水利水电出版社,1999.
[10] 胡慈丹,胡昆岭. 遥测乘系数的改进和统一[J]. 电力自动化产品信息,2003(10):43-45.
HU Ci-dan,HU Kun-ling. The telemetering rides the coefficient the improvement and the unification[J]. Electric Power Automation Products Information,2003(10):43-45.

(责任编辑：李 玲)

作者简介：

李智勇(1978-),男,云南泸西人,工程师,主要从事电力自动化工作(E-mail:zhiyongli1@163.com)。

Factors affecting telemetry accuracy

LI Zhi-yong

(Yunnan Power Grid Co.,Dehong Sub-company Dispatch Center,Dehong 678400,China)

Abstract: There are many factors affecting telemetry accuracy,such as accuracy of voltage /current transformer,sampling frequency,analog-digital conversion bits and so on. In substation automation system,different monitoring and control equipment has its own processing method of telemetry coefficient. Taking SL 300 supervisory system as an example,the influence of the coefficient processing on telemetry accuracy is analyzed with mathematics. The coefficient accuracy is inadequate and the full code value is set improperly. Only when the decimal fraction digit of the coefficient is enough and the full code value is selected properly,the conversion error can be reduced furthestly.

Key words: data formation; accuracy; data post-processing; engineering unit; coefficient; error

魏德米勒倾力协助青藏铁路全线开通

青藏铁路穿越了青藏高原的腹地,成为世界上海拔最高、线路最长的高原铁路,沿线高寒缺氧,地质复杂,技术难度高,工程量巨大。青藏铁路特殊地理条件给机车车辆提出了许多特殊的高性能要求。车辆的电气联接件必须具有可靠的绝缘性能,并设有防雷击措施。对于行走于高原的车辆,其供电系统可以说是一个全新的挑战。

魏德米勒电联接国际贸易有限公司为青藏线车辆的电气联接件的应用做了许多模拟试验,内容包括震动、冲击、极端温度、耐久性以及 EMC,提高产品的测试标准,以保证在海拔 5 000 m 的高原条件下,产品寿命和可靠性不低于平原地区。

在经过无数的试验和测试后,魏德米勒克服了种种困难,为青藏线提供专业的解决方案:W 系列压线框端子,WFF 系列螺栓式端子,它们都具有高效的电力传输,电压降小,并且通过国际铁路标准 EN50343、EN50155、NFF61-017 和 Ria20 认证。魏德米勒提供的妥善可行的解决方案,将提高整个系统的稳定性,为青藏线运行提供最大可能的安全性和灵活性。

魏德米勒作为电联接行业专家,在铁路行业的应用经验超过 50 年。50 年来,魏德米勒一直在开发和改进产品以满足铁路行业的特别之需。自进入中国市场以来,一直服务于中国铁路和轨道交通的现代化建设。目前我们与铁道部、建设部、设计勘测院、机车车辆、铁路信号和相关配套设备的生产商和研究机构以及铁路和地铁运营单位保持着广泛的合作关系。大量高速列车、有轨电车、地铁和普通机车的安全运行得益于魏德米勒先进的电气联接技术。

在全世界有了众多成功的应用案例之后,魏德米勒不断挑战自己,追求创新,勇于革新,始终致力于做行业的专家、电联接产品的领跑者。

(陈晓东)