

1983~1987年华东电网高频保护可靠性 统计分析总结

华东电业管理局总调度所 林敏成

可靠性理论80年代初在我国电力系统中逐渐开始应用。继电保护专业也想探索一下,因此从1983年开始,亦开展了可靠性统计分析,至今已有五年多时间,积累了一些可靠性指标,从运行角度来分析、提供有价值的中国自己的可靠性数据。我们取的子样范围是华东电网调度所直接管辖的220kV线路,取子样的品种是高频保护装置包括GCH—1 SF—1 A两种电子管型的和JGX—11, JSF—11两种晶体管型的,取的220kV线路40多条,约占全网220kV线路的26.32%,分布在30多个厂站内,约占全网220kV系统厂站的20.18%,从所取的子样面和数量来看是有一定的代表性,能反映出华东电网高频保护的普遍情况。

一 可靠性的几个主要指标(详见附表)

1. 继电保护装置是一种经常处于带电准备状态,而非连续作用的设备,只是在电力系统发生事故的短暂瞬间才发挥其作用。因此继电保护装置承受两方面的考验:

①长期通电考验,(若此时因装置有故障而引起动作称为“无故障误动”。)

②受电力系统事故扰动的考验。(该动作时它动作,称“正确动作”。若它不动作称“拒动”。不该动作时它乱动了称“非选择性误动”。)

$$\text{因此有拒动概率: } \lambda_P = \frac{\text{拒动次数}}{\text{运行总时间}} = 2.89 \times 10^{-7}$$

$$\text{非选择性误动概率: } \lambda_{q1} = \frac{\text{非选择性误动次数}}{\text{运行总时间}} = 2.02 \times 10^{-6}$$

$$\text{无故障误动概率: } \lambda_{q2} = \frac{\text{无故障误动次数}}{\text{运行总时间}} = 8.71 \times 10^{-7}$$

$$\text{综合概率 } \Sigma \lambda = \lambda_P + \lambda_{q1} + \lambda_{q2} = 3.18 \times 10^{-6}$$

$$\text{可靠概率 } \lambda_r = \frac{\text{不正确动作次数} + \text{被迫停用次数}}{\text{运行总时间}} = 2.22 \times 10^{-4}$$

2 系数指标

①运行系数SF(按美国ANSI/IEEE标准) Service Factor.

$$SF = \frac{\text{实际运行时间SH}}{\text{统计周期PH}} = 0.9253$$

②可用系数AF(Available)

$$\Lambda F = \frac{(\text{实际运行时间} + \text{备用时间}) AH}{\text{统计周期PH}} = 0.9749$$

③有用度: A: (Availability)

$$\Lambda = \frac{\text{实际运行时间}\Sigma SH}{\text{实际运行时间} + \text{被迫停用时间}} = 0.9892$$

3. 时间指标:

①平均每台实际投入运行时间:

$$SH(a, v) = \frac{\text{实际运行时间}\Sigma SH(i)}{\text{装置总台数}N(t)} = 7922.2 \text{小时}$$

②平均无故障连续运行时间MTBF:

$$MTBF = \frac{\text{可用时间}\Sigma AH(i)}{\text{不正确动作次数} + \text{被迫停用次数}} = 4808.68 \text{小时}$$

③平均每台(次)修复时间MTTR

$$MTTR = \frac{\text{被迫停用时间}RH(i)}{\text{被迫停用次数}N(foi)} = 104.14 \text{小时}$$

④平均每台校验维修时间ORH(a, v)

$$ORH(a, v) = \frac{\text{被迫停用时间} + \text{校验维护时间}^{\dagger}}{\text{装置总台数}} = 220.85 \text{小时}$$

⑤平均每台(次)维修时间T(d)

$$T(d) = \frac{\text{被迫停用时间} + \text{校验维护时间}}{\text{不正确动作次数} + \text{被迫停用次数} + \text{检修发现问题次数}} = 123.66 \text{小时}$$

二 几点说明

1. 装置台数

我们是按台年计算,即一台装置投运一年称一台年。如有条线路是9月15日投运,到年底共运行2520小时,我们是按时间比例来折合台数:即 $2520/8760=0.287$ 台,线路两侧共0.5754台。因此我们统计的装置总台数是:436.73台。

2 系统故障次数

①区内故障

a 本线故障时:两侧高频动作为区内故障时正确动作。

b 母线故障时:本母线上的所有出线两侧高频动作时亦作正确动作计算。(因母差动作要停讯)。

②区外故障:

a 发生故障线路的两侧母线上。其他出线高频保护均为受到区外故障考验。(即相邻线均受这区外考验)。

b 发生母线故障时:该母线上所有出线的对侧母线上线路高频保护均为受到区外故障考验。(即相隔线均受区外考验)。

因高频保护均反映负序电流、零序电流等灵敏元件,所以动作范围很大,为便于统

计作以上统一规定，实际上经受区外故障考验范围很大。

3. 状态

可用状态	运行状态
	备用状态：①对侧保护停用②本线停用③旁路代本开关。 待用状态：非继电保护原因：如复用通道，直流电源等原因。
不可用状态	检验维护停运：①定期检验维护②进行反措，改进。
	被迫停用：①元件损坏②主要性能指标严重偏离规定值③无故 障误动④非选择性误动⑤拒动。

备用、待用状态：保护装置完好，能随时投运，但由于非装置上的原因而退出运行。

一般病态：由于保护装置的一般病态，不能正常工作，需退出运行，进行修理，包括寻找病态原因的检验，更换元件等的修复工作。

三 几点看法

继电保护在五十年代就引用了苏联的动作统计和评价制度即正确动作率，应用将近四十年至今还未变过，我们现在还拿着这正确动作率来去考核继电保护工作，还认为它是过得硬指标，拿它来作劳动竞赛评表先进班组、发奖金等的标尺，实际上这是很片面，很局限的东西，与可靠性统计分析不可相比。

1. 可靠性统计比动作统计更科学、更合理：

动作统计仅对继电保护动作后的行为评价即所谓有了后果才评价，进行秋后算帐。没有动作的不予理睬。

继电保护有“电力哨兵”的美称，该它动作时它动作，不该动时它不乱动，严格执行这规则都应该有不同功劳，这样评价才是正确合理的。可靠性统计就分别记为“正确动作”，“故障时经受区外考验”、不正确动作时分别记为“拒动”，“非选择性误动”，“和”经受故障区外考验。

2. 由于动作评价的局限性，因此产生很大偶然性即所谓“靠天吃饭”若今年事故次数多，动作次数即多，因此其动作正确率的比例容易高，发电厂的正确率往往是两个极端：不是100%就是70~80%，它的动作次数少，祇有几次或十几次，遇上不正确动作机率要少，若遇上了正确率就极低。相反供电局的正确率往往都在95%以上，动作次数很多，不正确动作机率就较多，若遇上一次就不可能100%，所以供电局100%很难。

3. 动作评价完全由机遇决定即由故障次数决定，因此亦反映在线路保护与元件保护的**正确动作率有较大差距**，元件保护正确率一般仅有40~50%，而线路保护正确动作率达90%以上。

4. 动作评价仅反映动作次数，不管你有上百台设备还是仅有一台设备，它不正确一次都是一样的，与运行数量和运行时间长短毫无关系，即没有数量概念，就比较难反映出产品质量好坏是偶然性还是普遍性。

1983年~1987年华东电网高频保护可靠性统计(一)

装置类型		GCH-1	SF-1A	JGX-11	JSF-11	总计	
装置台数 n		113.5	80.5	117.69	125.04	436.73	
故障经受考验次数 N(f)		226	174	108	106	614	
保护动作次数	拒动次数 N(non)	/	1	/	/	1	
	非选择性误动次数 N(mis)	6	/	1	/	7	
	无故障误动次数 N(mal)	/	2	1	/	3	
	不正确动作 N(fop) = N(non) + N(mis) + N(mal)	6	3	2	/	11	
	正确动作次数 N(C)	59	43	33	36	171	
	总动作次数 $\Sigma N = N(C) + N(fop)$	65	46	35	36	182	
各种率	正确动作率 $r = N(C) / \Sigma N$	90.77%	93.48%	94.29%	100%	93.96%	
	非选误动率 $q_1 = N(mis) / K(ql)N(f)$	2.65%	/	0.926%	/	1.14%	
	拒动率 $P_{**} = N(non) / N(C) + N(non)$	/	2.13%	/	/	0.581%	
	无故障误动率 $\lambda_{02} = N(mal) / N(t) \cdot SH(av)$	/	$2.96 \times 10^{-}$	$9.97 \times 10^{-}$	/	10^{-}	
各种统计时间	运行时间 SH(i)	904104.8	675171.55	928520.29	1052168.22	3559964.86	
	总停用时间 ΣT	90001.64	29324.6	105365.81	62568.19	287260.34	
	备用状态	时间 T(S)	68626.82	20135.13	173484.2	28399.8	290645.95
		次数 N(S)	956	423	685	599	2663
	检修状态	时间 OH(i)	14477.2	7991.07	20944.1	14197.02	57609.4
		次数 N(oi)	115	83	118	140	456
	被迫停用	时间 RH(i)	6897.61	1198.4	10775.33	19971.37	38842.71
		次数 N(foi)	118	57	95	103	373
	可用时间 $AH(i) = SH(i) + T(S)$		972731.62	695306.68	1002166.83	1080568.02	3750773.15
	平均可用时间 $AH(av) = \Sigma AH(i) / N(t)$		8570.32	8637.35	8515.31	8641.78	8588.31

1983年~1987年华东电网高频1保护可靠性统计(二)

各种 概率	拒动概率 $\lambda_p = N(\text{non}) / \sum SH(i)$	/	1.48×10^{-6}	/	/	2.89×10^{-7}
	非选误动概率 $\lambda_{q1} = N(\text{nis}) / \sum SH(i)$	6.64×10^{-6}	/	1.2×10^{-6}	/	2.02×10^{-6}
	无故障误动概率 $\lambda_{q2} = N(\text{mal}) / \sum SH(i)$	/	2.9×10^{-6}	1.2×10^{-6}	/	8.67×10^{-7}
	综合概率 $\lambda_z = \lambda_p + \lambda_{q1} + \lambda_{q2}$	6.64×10^{-6}	4.38×10^{-6}	2.4×10^{-6}	/	3.18×10^{-6}
	病态率 $\lambda_f = \sum N(\text{foi}) / \sum SH(i)$	1.3×10^{-4}	3.4×10^{-5}	1.4×10^{-4}	9.78×10^{-5}	1.08×10^{-4}
	可靠概率 $\lambda_r = (\sum N(\text{foi}) + N(\text{fop})) / \sum SH(i)$	2.5×10^{-4}	1.97×10^{-4}	2.48×10^{-4}	1.93×10^{-4}	2.22×10^{-4}
可靠 度	校验检修中发现病态台 次数 N_{FR}	109	76	111	100	396
	$\sum N_{故} = N(\text{fop}) + N(\text{foi}) + N_{FR}$	233	136	208	203	780
各种 系 数	运行系数 $SF = SH(\text{av}) / PH$	0.9095	0.9584	0.8981	0.9439	0.9253
	可用系数 $AF = AH(\text{av}) / PH$	0.9785	0.9871	0.9693	0.9694	0.9749
	有用率 $A = \sum SH(i) / (\sum SH(i) + \sum RH(i))$	0.9924	0.9982	0.9885	0.9814	0.9892
各种 平 均 时 间	统计时间 PH	94106.5	704496.2	1033886.1	1114736.4	3847225.2
	平均每台实际投入运行 时间 $SH(\text{av}) = \sum SH(i) / N(t)$	7966.6	8387.22	7889.54	8414.65	7922.8
	平均无故障连续运行 时间 $MTBF = \sum AH(i) / (\sum N(\text{foi}) + N(\text{fop}))$	4174.81	5112.55	4878.1	5322.99	4808.68
	平均每台每次修复时间 $MTTR = \sum RH(i) / \sum N(\text{ri})$	58.45	21.03	113.42	193.89	104.14
	平均每台校验维修时间 $ORH(\text{av}) = (\sum RH(i) + \sum SH(i)) / N(t)$	185.32	114.15	269.52	273.3	220.85
	平均每台每次维修时间 $T(d) = (\sum RH(i) + \sum CH(i)) / (\sum N(\text{ri}) + \sum N(\text{oi}))$	91.74	67.57	152.5	168.32	123.66

PXH—43A /DT型保护屏拒动实例及改进情况

宜宾供电局 陈代云

我局110kV线路保护，使用许昌继电器厂生产的PXH—43A /DT型保护屏，包括带快速复归的LH—15A型距离保护，ZLL—2型零序保护及DCH—1型三相一次重合闸装置。在一次转换性故障时，该屏距离保护拒动，经事故调查及录波照片分析，我们对该屏存在问题提出了一些改进意见，许昌继电器厂对我们反映的情况十分重视，及时派人协助我们对该保护屏进行了改进。现将事故调查情况及保护屏改进情况介绍如下：

一 故障经过及保护拒动情况

故障线路有关主接线见图1。

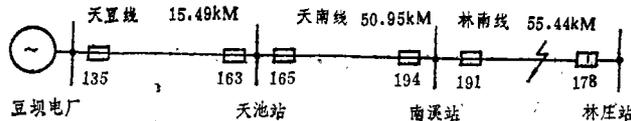


图1 故障线路有关主接线

故障前林南线林庄侧178开关断开，林南线作为林庄站的第二电源带电备用。1989年4月20日1:18，因大风造成林南线A相单相接地，南溪站191开关零序I段动作跳闸，重合成功。重合后，A相即再次接地，由录波照片观察故障全过程为转换性故障：

$K^{(1)} \rightarrow K^{(1 \cdot 1)} \rightarrow K^{(3)}$ ，由豆坝电厂135开关距离III段动作跳闸，135开关重合后，重复

5. 动作评价只反映动作次数，而与设备投运时间长短，运行出异常情况次数，处理毛病所化费时间，影响投运时间长短出现毛病的几率，装置是三天两头病假，退出运行它一概不予过问。

6. 动作评价只反映动作次数，所以也不反映运行管理水平，校验维护水平。有时发电厂全年没有遇上事故，它就没有正确率，从而变成无法衡量继电保护工作，因它没有动作过，与100%又不同，因此从这角度来看是盼望事故越多越好，因此动作次数就多，就越容易表现继电保护工作的成绩。

总之，其局限于动作，往往无法全面衡量继电保护设计，制造，维修管理质量和水平。而可靠性统计能提供更全面的有数量化评价，比较明确而有说服力这是科学管理必不可少的环节，是提高继电保护运行维护，管理水平改进设计和制造质量所必需基础工作之一。

我们是初步式偿试可靠性理论在继电保护领域内应用。在国内还缺乏具体实施办法，国外具体资料亦不多，因此难免有不妥与谬误之处，请读者提出宝贵意见。