

保护继电器抽样方案的分析

河北工学院 陆俭国

继电保护装置是电力系统的重要组成部分之一，而各种保护继电器是组成继电保护装置的核心元件。保护继电器的性能是否良好、运行是否可靠会直接影响到电力系统能否正常运行，所以提高各种保护继电器的可靠性将对保证电力系统的正常运行起着很重要的作用。我国目前还未对保护继电器制订出可靠性指标，在这种情况下，在保护继电器的型式试验中采用合理的抽样检查方案是抓好产品质量关，搞好产品质量保证的重要措施。

本文对目前我国保护继电器型式试验的抽样方案进行了分析，并与国内外有关电器标准中规定的抽样方案进行了比较，在此基础上提出了若干改进建议。

一、对目前我国保护继电器型式试验抽样方案的分析

目前我国保护继电器型式试验的抽样方案为首先任抽3个样品，按产品标准或产品技术条件规定的要求进行检查，如均为合格品，则型式试验通过；如有一个或一个以上的样品为不合格品，则再任抽6个样品进行检查，如所抽的6个样品全为合格品，则仍可认为型式试验通过，如这6个样品中仍有一个或一个以上的样品为不合格品，则型式试验被判为不通过，这个抽样方案可用图1所示的框图表示。

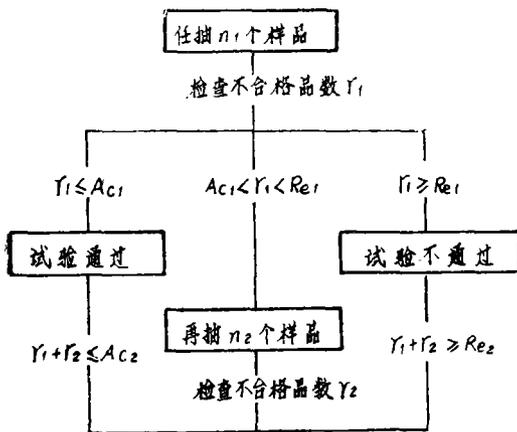


图2 典型的二次计数抽样方案框图

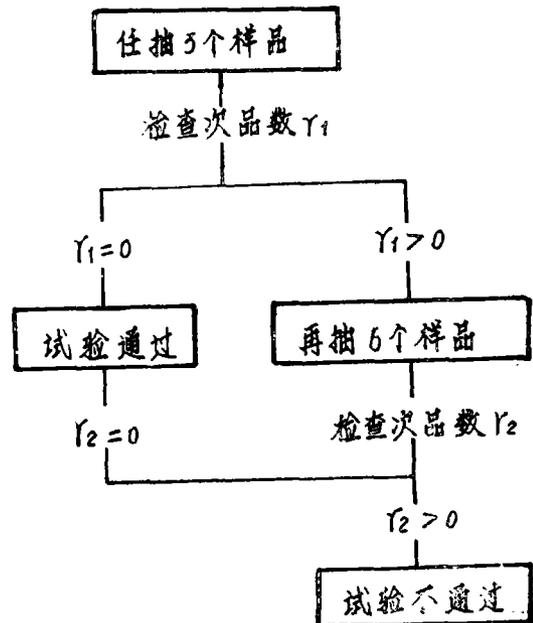


图1 保护继电器型式试验抽样方案的框图

可以看出这个抽样方案是一个二次计数抽样方案，但它与典型的二次计数抽样方案不同。它在第二次抽取样品后，只孤立地看这些样品中是否有不合格品来判断型式试验是否通过。而典型的二次计数抽样方案（其框图如图2所示）在第二次抽取样品后，检查得其中的不合格品数 r_2 再加上第一次所抽样品中的不合格品数 r_1 ，其和小于第二合格判定数 A_{c2} 时判为型式试验通过，其和大于第二不合格判定数 Re_2 时判为型式试验不通过，亦即不但要根据第二次样品的检查结果，同时也要考虑第一次样品的检查结果来决定型式试验是否通过。

对于典型的二次计数抽样方案，在批量较大（该批产品总数 N 大于所抽样品数 n 的10倍）时，其接收概率 $L(P)$ 可用下式计算：

$$L(P) = \sum_{r_1=0}^{A_{c1}} P(r_1, n_1/p) + \sum_{r_1=A_{c1}+1}^{Re_1-1} P(r_1, n_1/p) \cdot \sum_{r_2=0}^{A_{c2}-r_1} P(r_2, n_2/p) \quad (1)$$

式中 A_{c1} 为第一合格判定数；

Re_1 为第一不合格判定数；

n_1 为第一次抽取的样品数；

A_{c2} 为第二合格判定数；

n_2 为第二次抽取的样品数。

由于保护继电器型式试验的抽样方案与典型的二次计数抽样方案不同，所以不能用式(1)来计算其接收概率，而应采用下式来计算其接收概率：

$$L(P) = P(r_1=0) + P(r_1>0, r_2=0) \quad (2)$$

在满足 $N>10n$ 时，式(2)可写为：

$$\begin{aligned} L(P) &= P(0, 3/p) + [1 - P(0, 3/p)] \cdot P(0, 6/p) \\ &= C_3^0 q^3 p^0 + [1 - C_3^0 q^3 p^0] \cdot C_6^0 q^6 p^0 \\ &= q^3 + q^6 - q^9 \end{aligned} \quad (3)$$

根据式(3)可计算出产品不合格品率 p 为不同值时保护特性型式试验抽样方案的接收概率，将这些计算结果列表如表1所示

表1

L(P)	P						
	0.05	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60
抽样方案名称							
保护继电器型式试验的抽样方案	0.962	0.873	0.640	0.420	0.253	0.139	0.068
$n_1=3, n_2=6, A_{c1}=0, Re_1=2, A_{c2}=1$ 的二次计数抽样方案	0.957	0.858	0.613	0.395	0.236	0.131	0.065

用插值法可求出生产者风险率 $\alpha = 0.05$ 时的合格质量水平 $AQL = 0.057$ ，使用者风险率 $\beta = 0.1$ 时的不合格质量水平 $RQL = 0.555$ ，将此结果列表如表2所示。

表 2

抽样方案名称	$\alpha = 0.05$ 时的 AQL	$\beta = 0.1$ 时的RQL
保护继电器型式试验的抽样方案	0.057	0.555
$n_1 = 3$ 、 $n_2 = 6$ 、 $Ac_1 = 0$ 、 $Re_1 = 2$ 、 $Ac_2 = 1$ 的二次计数抽样方案	0.054	0.547

为了将目前我国保护继电器型式试验的抽样方案与典型的二次计数抽样方案进行比较，也计算了 $n_1 = 3$ 、 $n_2 = 6$ 、 $Ac_1 = 0$ 、 $Re_1 = 2$ 、 $Ac_2 = 1$ 的二次计数抽样方案在不同 p 值时的接收概率 $L(P)$ ，其结果亦列于表1。并用插值法求出此方案的 $\alpha = 0.05$ 时的AQL值以及 $\beta = 0.1$ 时的RQL值，其结果亦列于表2。

由表2可以看出保护继电器型式试验抽样方案在 $\beta = 0.1$ 时的RQL相当大（ $RQL = 0.555$ ，比0.5还大），这意味着当生产厂的保护继电器产品的实际不合格品率 p 高达55.5%时，按我国目前保护继电器型式试验的抽样方案进行试验时试验通过的概率为10%，亦即每进行10次型式试验时平均有一次会被判为型式试验通过。显然，这对保证产品质量是不利的。尤其是保护继电器是电力系统中的一个重要元件，保护继电器的质量不高，导致电力系统发生故障而造成的经济损失，将远远大于保护继电器本身的价值。所以保证保护继电器产品的质量就显得更为重要，从这个角度看，我国目前保护继电器型式试验的抽样方案是偏宽的。

此外，把图1及图2相比较也可看出：图2所示典型的二次计数抽样方案当第一次所抽的样品 n_1 中的不合格品数 r_1 超过一定数值（即 $r_1 \geq Re_1$ ）时即判为型式试验不通过，仅在 $Ac_1 < r_1 < Re_1$ 时才允许进行第二次抽样。而图1所示的保护继电器型式试验的抽样方案当第一次所抽3个样品中不管有一个不合格品，还是有两个不合格品，甚至3个均为不合格品，都允许进行第二次抽取样品。显然，这种做法对生产厂过于放宽，而对产品质量则考虑不够。

从上面分析可以看出，我国目前保护继电器标准中规定的型式试验抽样方案偏宽，对保证产品质量是不利的，有加以研究与改进的必要。

二、与国内外有关标准规定的抽样方案的比较

下面对保护继电器型式试验的抽样方案与低压电器中的控制继电器、电子设备用继电器标准中规定的型式试验抽样方案以及IEC158—1工业用低压控制设备第一部分——接触器标准中规定的机械寿命试验所采用的双3抽样方案及单8抽样方案（以下简称IEC双3抽样方案及IEC单8抽样方案）进行比较。

控制继电器及电子设备用继电器的型式试验抽样方案以及IEC双3抽样方案均为典型的二次计数抽样方案：控制继电器采用 $n_1=2$ 、 $n_2=4$ 、 $Ac_1=0$ 、 $Re_1=2$ 、 $Ac_2=1$ 的二次计数抽样方案，电子设备用继电器采用 $n_1=5$ 、 $n_2=10$ 、 $Ac_1=0$ 、 $Re_1=2$ 、 $Ac_2=1$ 的二次计数抽样方案，IEC双3抽样方案是 $n_1=3$ 、 $n_2=3$ 、 $Ac_1=0$ 、 $Re_1=2$ 、 $Ac_2=1$ 的二次计数抽样方案。根据式(1)可分别计算出这三个抽样方案在不同不合格品率 p 为不同值时的接收概率 $L(P)$ ，其结果列于表3。用插值法可分别求出这三个抽样方案 $\alpha=0.05$ 时的AQL及 $\beta=0.1$ 时的RQL，其结果列于表4。

表 3

L(p) \ p	p								
	0.03	0.05	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70
控制继电器型式试验的抽样方案		0.979	0.928	0.771	0.591	0.422	0.281	0.173	0.093
电子设备用继电器型式试验的抽样方案	0.957	0.896	0.704	0.372	0.178	0.08	0.032	0.010	
IEC双3抽样方案		0.974	0.906	0.709	0.494	0.309	0.172	0.082	
IEC单8抽样方案		0.994	0.961	0.797	0.552	0.315	0.145	0.05	

表 4

抽样方案名称	$\alpha=0.05$ 时的AQL	$\beta=0.1$ 时的RQL
控制继电器型式试验的抽样方案	0.078	0.691
电子设备用继电器型式试验抽样方案	0.032	0.380
IEC 双3抽样方案	0.068	0.580
IEC 单8抽样方案	0.107	0.547

IEC单8抽样方案是 $n=8$ 、 $Ac=2$ 的一次计数抽样方案，在满足 $N>10n$ 时其接收概率可用下式计算：

$$L(P) = \sum_{r=0}^{A_c} P(r, n/p) \quad (4)$$

按式(4)可计算出IEC单8抽样方案在不同p值时的L(P),其结果亦列于表3,用插值法可求出 $\alpha = 0.05$ 时的AQL及 $\beta = 0.1$ 时的RQL,其结果亦列于表4。

根据表1及表3数据可画出IEC单8抽样方案以及保护继电器、控制继电器、电子设备用继电器型式试验的抽样方案的抽检特性曲线(OC曲线),如图3所示。

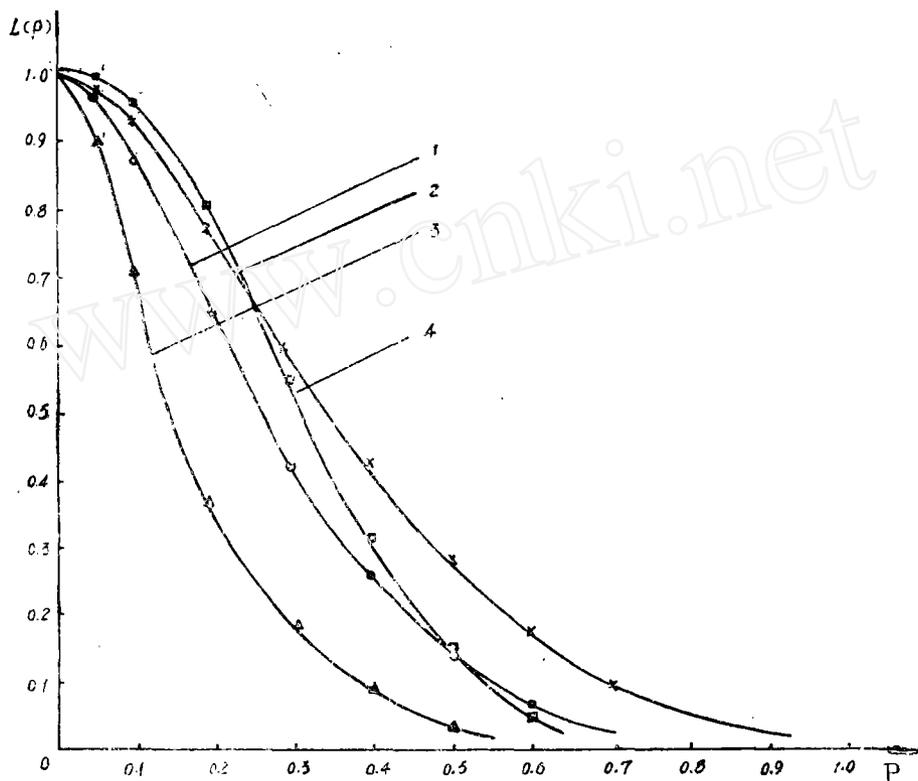


图3 几个有关抽样方案的OC曲线

- 1——保护继电器型式试验抽样方案的OC曲线
- 2——控制继电器型式试验抽样方案的OC曲线
- 3——电子设备用继电器型式试验抽样方案的OC曲线
- 4——IEC单8抽样方案的OC曲线

从图3可以看出,保护继电器、控制继电器及电子设备用继电器的型式试验抽样方案的OC曲线相互未发生相交,所以不太容易比较其曲线陡度,而IEC单8抽样方案的OC曲线与保护继电器、控制继电器型式试验抽样方案的OC曲线发生相交,显然,IEC单8抽样方案的OC曲线要比后两条OC曲线陡些,从比较接近理想OC曲线时抽样方案也较理想这个角度来看,IEC单8抽样方案优于保护继电器型式试验的抽样方案。

此外,从表2及表4数据可以看出,从 $\beta = 0.1$ 时的RQL来看,保护继电器型式试验抽样方案的RQL与IEC单8抽样方案及IEC双3抽样方案的RQL比较接近,而电子设备用继电器型式试验抽样方案的RQL较小,控制继电器型式试验抽样方案的RQL最大。从保证产品质量(保护使用者利益)的角度来看,电子设备用继电器的型式试验抽样方案最佳,控制继电器的抽样方案最差,保护继电器型式试验的抽样方案与IEC单8抽样方案、双3抽样方案介于两者之间。从 $\alpha = 0.05$ 时的AQL来看,IEC单8抽样方案的AQL最大,电子设备用继电器型式试验抽样方案的AQL最小,保护继电器、控制继电器型式试验的抽样方案与IEC双3抽样方案的AQL居中,从生产厂容易达到所要求的AQL这个角度来看,IEC单8抽样方案最为有利,电子设备用继电器的抽样方案最为困难,而保护继电器型式试验的抽样方案介于两者之间。综合以上两个方面看,这几个抽样方案中,电子设备用继电器型式试验的抽样方案对保证产品质量最有利,但对生产厂达到所要求的AQL值来说也最困难。IEC单8抽样方案对生产厂来说最易达到所要求的AQL值,而对保证产品质量来说则居中。保护继电器型式试验抽样方案在这两个方面都居中。所以IEC单8抽样方案是较好的抽样方案,能比较全面地照顾到生产者和使用者的利益。

三、结论与结束语

1. 我国目前保护继电器标准中规定的型式试验方案不是典型的二次计数抽样方案,从保证产品质量这个角度来看,它比典型的二次计数抽样方案差些,同时此抽样方案 $\beta = 0.1$ 时的 $RQL = 0.555$,也偏大些,所以这个抽样方案对保证产品质量不利,有改进的必要,建议在以后修订保护继电器标准时加以修改。

2. 从前面分析可以看出,IEC单8抽样方案要比目前我国保护继电器型式试验的抽样方案合理些,能较全面地照顾到生产者利益与保证产品质量这两个方面,所以建议考虑采用IEC单8方案作为保护继电器型式试验的抽样方案,从更好地保证产品质量这个角度出发,也可考虑采用 $n = 10$ 、 $Ac = 2$ 的一次计数抽样方案^[1]。为减少平均抽样数ASN,也可考虑仍采用二次计数抽样方案,根据GB2829—81^[2]可查出与IEC单8方案相对应的二次计数抽样方案为 $n_1 = 5$ 、 $n_2 = 5$ 、 $Ac_1 = 0$ 、 $Re_1 = 3$ 、 $Ac_2 = 3$ 、 $Re_2 = 4$ 的二次计数抽样方案,所以也可考虑采用此方案作为保护继电器型式试验的抽样方案。

参 考 文 献

1. 陆俭国 低压电器质量抽样检查的分析研究 《低压电器技术情报》1981 No.6
2. GB2829—81 “周期检查计数抽样程序及抽样表” 中国标准出版社 1982