

Z
N 525
2

高压试验报告集

——吉林省电力系统第二届高压试验技术讨论会

1183
3

吉林省电力局中心试验所

編輯 說 明

吉林省电力局中心试验所于一九七三年三月廿四日至四月七日在延边电业局召开了吉林省电力系统第二届高压试验技术讨论会。会议在毛主席革命路线指引下，以批修整风为纲，总结了加强绝缘监督工作的经验，交流了文化大革命以来，我省电力系统在高压试验技术方面的革新成果。会上，各局、厂介绍了有关高压试验方面的技术报告，共计六十五篇。研究了试验方法，探讨了测试技术，明确了一些问题。会后，由吉林省电力局中心试验所高压绝缘组並邀请吉林电力学院，长春电业局，白城发电厂的同志在大安农电局的协助下共同选编本报告集，供我省电力系统中从事高压试验工作的同志参考。

由于我们经验不足，水平所限，时间仓促，致使本报告集错误和不妥之处在所难免，诚恳希望同志们批评指正。

吉林省电力局中心试验所高压绝缘组
一九七三年十一月于长春

附：吉林省电力系统第二届高压试验技术讨论会参加单位：

延边电业局、吉林电业局、四平电业局、长春电业局、通化电业局、白城电力局、哲盟电力局、吉林热电厂、通辽热电厂、丰满发电厂、云峰发电厂、龙井发电厂、蛟河发电厂、长春发电厂、白城发电厂、辽源发电厂、万宝发电厂、乌兰浩特发电厂、前郭旗热电厂、榆树川发电厂、二道江发电厂、大安农电局、农安农电局、德惠农电局、通榆电力局、通化地区农电局、四平地区农电局、辽源市农电局、吉林省火电公司、吉林省送变电公司、吉林省联合化学公司、长春汽车厂动力分厂、吉林省敦化林业局试验所、吉林维尼龙厂、开山屯造纸厂、石砚造纸厂、天宝山铜矿、吉林省电力局中心试验所。

会议特邀东北电力局技术改进局、黑龙江省电业管理局中心试验所、锦州电业局、阜新发电厂、吉林电力学院到会指导。



A 841447

目 录

在耐压试验中工频高压的测量	延边电业局(1)
移卷调压器对工频耐压试验的影响	白城发电厂(10)
星—开三角单相变压器组150周电源发生装置及其应用	吉林省电力局中心试验所(25) 长 春 电 业 局
应用水轮发电机作150周/秒的试验电源	丰满发电厂(37)
变压器股间故障的查找	吉林电业局(44)
空载试验对检出变压器故障的有效性	吉林电业局(48)
强电场干扰对测量介质损失角的影响	白城发电厂(50)
P525型西林电桥改为反接线使用	吉林省电力局中心试验所(54)
对西林电桥在带电试验中几个问题的探讨	长春电业局(59)
对套管介质损失角温度换算系数的初步探讨	四平电业局(70)
用双臂电桥测量星形接线高压电机定子绕组的平均温度	吉林热电厂(76)
浮发电机带电测温中几个问题的探讨	第一汽车厂动力分厂(81)
变压器带电测温	长春电业局(87)
电缆故障探测的几点做法	长春电业局(94)
用水电阻调压法对FZ型避雷器进行工频放电试验	四平电业局(103)
磁吹避雷器并联电阻断线故障的查找	丰满发电厂(108)
一台220千伏结合电容器爆炸原因分析	云峯发电厂(111)
汽轮发电机转子绕组匝间短路的测试方法	二道江发电厂(113)
残磁对转子阻抗的影响及退磁方法	第一汽车厂动力分厂(124)
用直流感应法测定电动机的转向	四平电业局(127)
关于66千伏6FT型变压器充油管根部表面冒火的处理	白城电力局(130)
简易的电动机定子匝间试验器	辽源发电厂(133)
感应电动机转向测定仪	四平电业局(138)
60千伏直流高压试验器	长春电业局(142)
可控硅直流逆变50周交流装置	通化电业局(149)
绝缘油击穿电压自动试验台	吉林热电厂(155)
JS-2型介质损失角试验器	吉林省电力局中心试验所(159)

在耐压试验中工频高压的测量

工频耐压试验，是检验电气设备绝缘强度的一项重要试验项目。而在耐压试验中的工频高压测量又是试验的关键环节。对于小电容量的被试品可用低压侧电压表读数乘以变比来进行测量，而对大容量的被试品用低压侧电压表读数乘变比的方法是绝对不允许的。因为在这种情况下，由于电容电流在升压器漏抗上所产生的电压降，造成被试品端部电压升高，即通常所说的“电容升”，使得升压器一、二次侧电压不再符合原来的变比关系。因此必须在高压侧进行直接测量。如何准确而又简便地在高压侧进行直接测量，多年来一直是高压试验工作者努力探索的重要课题之一。本文是根据我局的实践并认真吸取兄弟单位的经验，对我省电力系统中常采用的一些测压方法进行分析、比较和讨论。

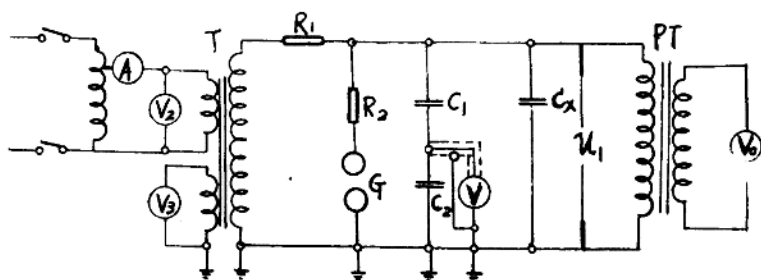
一、分压比较法

众所周知，分压器的分压比是随外施电压及周围环境变化而变化的，所以每当进行耐压试验时都必须将其与升压器空载时的变压比进行比较。因此，所谓分压比较法简单地说就是在一定的试验条件下，将分压器的分压比与升压器空载时的变压比进行比较的方法。其具体做法是：在被试品端并联高压分压器。首先以升压器的测量绕组（或低压绕组）在不接被试品时的电压表读数为标准值，检验分压器的分压比。然后接上被试品升压，在升压过程中，以分压器校验好的读数为标准，测量在被试品上实际所加的电压。

根据分压器的型式，比较法又可分为电容分压比较法，电阻分压比较法，球隙分压比较法和瓷瓶分压比较法。

1、电容分压比较法：

电容分压比较法的试验接线图如图一所示。



图一 电容分压比较法接线图

图中：T—25千伏安、150千伏试验变压器

PT—25千伏安、150千伏、150千伏/150伏测量

用电压互感器，在各种方法中都用它作为测量电压的标准；

R_1 —限流电阻； R_2 —阻尼电阻；

G —球隙； C_x —被试品电容；

C_1 —分压器高压臂电容，由14个30千伏、4000微微法薄膜电容器串联组成，其数值为286微微法；

C_2 —分压器低压臂电容，其数值为9800微微法

V —静电电压表，量程为0~600伏；

V_1, V_2 —电压表； A —电流表。

试验时静电电压表的读数可由下式确定：

$$U = \frac{C_1}{C_1 + C_2} U_1$$

式中： U —静电电压表读数；

U_1 —被试品试验电压。

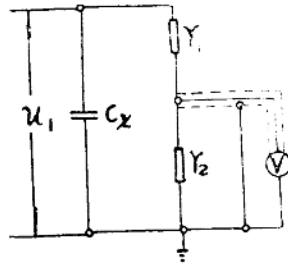
用电容分压比较法测量高压侧电压时的实际测量结果列于表一中。

表一、电容分压比较法的实测结果

电压互感器测得的电压 U 。千伏		40	80	120
静电电压表 的读数 U 伏	$C_x = 0$	113	228	348
	$C_x = 3200$ 微微法	113	228	348
误差 %		0	0	0

2、电阻分压比较法

电阻分压比较法接线图如图二所示。



图二电阻分压比较法接线图

图中： r_1 —分压器高压臂电阻，其数值为112兆欧；

r_2 —分压器低压臂电阻，其数值为8兆欧；

V —静电电压表，量程为0~7.5千伏。

试验时静电电压表的读数可由下式确定

$$U = \frac{r_2}{r_1 + r_2} U_1$$

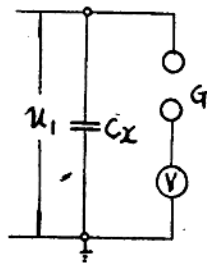
用电阻分压比较法测量高压侧电压时的实际测量结果列于表二中。

表二电阻分压比较法的实测结果

电压互感器测得的电压U。千伏	40	80	120
静电电压表 $C_x = 0$	1.7	3.32	4.1
的读数U仟伏 $C_x = 3200$ 微微法	1.7	3.32	4.1
误差 %	0	0	0

3、球隙分压比较法

球隙分压比较法接线图如图三所示。



图中：G—铜球，其直径为15厘米，间隙距离为18厘米；
V—静电电压表，其量程为0~7.5千伏。

图三球隙分压比较法接线图

用球隙分压比较法测量高压侧电压时的实际测量结果列于表三中。

表三球隙分压比较法实测结果

电压互感器测得的电压U。千伏	40	80	120
静电电压表 $C_x = 0$	1.7	3.37	4.20
的读数U仟伏 $C_x = 3200$ 微微法	1.7	3.37	4.21
误差 %	0	0	+0.2

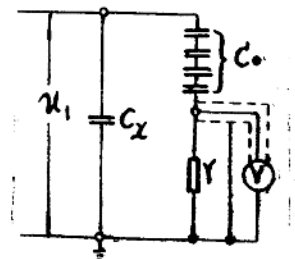
4、瓷瓶分压比较法

瓷瓶分压比较法接线图如图四所示。

图中：C₀—C—4.5瓷瓶，由四只串联；

r—分压电阻；

V—真空管电压表，量程为0~300伏。



图四瓷瓶分压比较法接线图

用瓷瓶分压比较法测量高压侧电压时的实际测量结果列于表四中。

表四、瓷瓶分压比较法实测结果

电压互感器测得的电压U.千伏		40	80	120
真空管电压表 的读数U伏	$C_x = 0$	109	225	279
	$C_x = 3200$ 微微法	109	218	273
误差	%	0	-3.1	-2.2

综上所述，以上四种测量方法都可以在现场试验中应用，都能满足现场试验对准精度的要求。但是，在这四种方法中尤以电容分压比较法具有使用简便，所用仪表、测杆体积小，便于携带，抗干扰能力强的特点。

为了保证安全，电容分压器的高压电容应具有足够的绝缘强度，一般采用多个聚苯乙烯薄膜电容器串联组成，串联后的电容量须在200微微法以上。

二、电容电流法：

电容电流法就是根据测得电容电流的大小来判断被试品上所加电压的高低。其具体做法是：试验前，首先测量被试品的电容量 C_x ，然后再由该被试品的试验电压 U_1 计算出试验时被试品上应当流过的电容电流 I_c 。即

$$I_c = \omega C_x U_1$$

式中： I_c —电容电流；

C_x —被试品电容量；

U_1 —被试品试验电压；

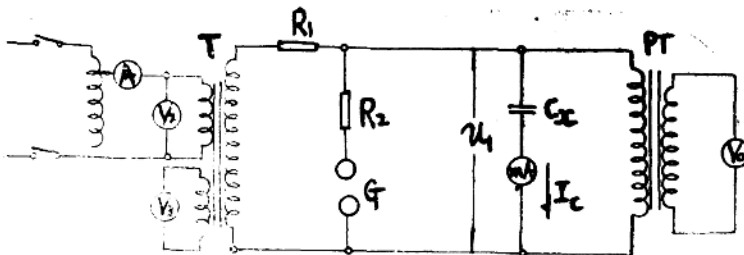
ω —试验电源的角频率。

试验时，测量出电容电流 I_c 即可确定被试品上所加电压 U_1 的大小。

根据测量电容电流的部位的不同又可将电容电流法分为试品电容电流法和升压器充电容电流法两种。

1、试品电容电流法：

试品电容电流法的试验接线图如图五所示。



图五 试品电容电流法接线图

图中：mA—毫安表，量程为0~300毫安其他同图一。

试验中，在试品接地端所串接的毫安表的读数为：

$$I_c = \omega C_x U_1$$

式中： I_c —毫安表读数；

C_x —被试品电容量；

U_1 —被试品的试验电压；

ω —试验电源的角频率。

用试品电容电流法测量高压侧电压时的实际测量结果列于表五中。

表五、试品电容电流法实测结果 ($R_1 = 90$ 千欧)

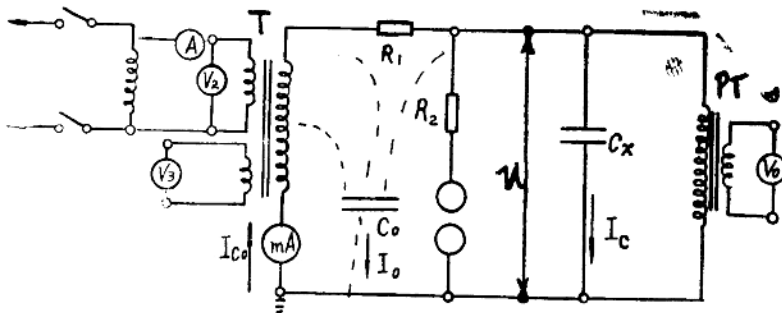
被试品电容微微法	12780			6400			3200			286		
电压互感器测得的电压 U_0 千伏	40	40	80	120	40	80	120	40	80	120		
实测的电容电流 I_c 毫安	159.7	80.5	161	242.5	40	80	120.5	3.5	7.35	13.17		
由 $I_c = \omega C_x U_1$ 计算结果毫安	160.5	80.6	161	242	40.2	80.4	121	3.6	7.2	10.8		
误差 %	+0.5	+0.1	0	-0.2	+0.5	+0.5	+0.4	+2.8	-2.0	-17		

当电容量 C_x 较大时，电压波形基本上为正弦波，测量较为准确。当 C_x 较小时，由于波形畸变，实测较计算值大，测量不准确。故当 C_x 较小时可直接用升压器低压侧或测量绕组的电压表读数换算到高压侧。对25千伏安、150千伏的升压器，当 $C_x < 1500$ 微微法时，使用变压比直接换算的误差不大于4%。

采用这个方法在测量试品电容电流时，试品需要经毫安表接地。有时现场不具备这样条件。这时可因地制宜使用电容杆、电容套管、或变压器一、二次间的电容作为被试品电容 C_x 。由串联接地的毫安表的读数来确定高压侧电压 U_1 。

2、升压器高压侧充电电流法

升压器高压侧充电电流法的试验接线图如图六所示。



图六、充电电流法接线图

图中，mA—毫安表，量程为0~300毫安；

C_0 —变压器、引线及试具对地的杂散电容；

其他同图一。

由图六可见，在升压器接地端串联的毫安表测量出的充电电流 I_{co} 为被试品电容电流及变压器、引线及试具的杂散电容电流之和，即

$$I_{co} = I_c + I_o$$

式中： I_{co} —升压器的充电电流；

I_c —被试品的电容电流；

I_o —杂散电容电流。

所以在试验时必须首先测量杂散电容电流 I_o ，其测量方法是：在图六中不接被试品，当外加电压为被试品的试验电压时，升压器接地端毫安表的读数即为杂散电容电流 I_o 。

其次是计算被试品电容电流 I_c 。其计算方法是：根据被试品电容量 C_x 及施加于被试品上的试验电压 U_1 ，用公式 $I_c = \omega C_x U_1$ 可计算出 I_c 。这样便可求出 I_{co} ， $I_{co} = I_o + I_c$ ，从而可以确定高压侧电压 U_1 。

用充电电流法测量高压侧电压时的实际测量结果列于表六中。

表六、充电电流法的实测结果 ($R_1 = 90$ 千欧)

被试品电容量 C_x 微法	12780				6400			3200			286		
	40	40	80	120	40	80	120	40	80	120	40	80	120
电压互感器测得的电压 U_o 千	8	8	16.1	27.5	8	16.1	27.5	8	16.1	27.5	8	16.1	27.5
杂散电容电流 I_o 毫安	168.5	88.6	177.1	269.5	48.2	96.5	148.5	11.6	23.3	38.3	11.6	23.3	38.3
计算的电容电流 I_c 毫安	169	87.5	177.5	260	47.5	95.5	137.5	11.8	23.2	34.3	11.8	23.2	34.3
电容电流 I_c 毫安	误	差	%										
	0.3	-1.26	0.28	-3.6	-1.48	-1.05	-8	1.7	-0.45	-11.7			

综上所述，在现场使用电容电流法时：

当被试品可以对地绝缘时，可测量流过被试品电流 I_c 。 I_c 数值应由被试品电容值 C_x 及试验电压 U_1 计算。即 $I_c = U_1 \omega C_x$ 。

当被试品不能对地绝缘时，可测量流经升压器高压线卷电流 I_{co} ， I_{co} 的数值应为流过被试品的电流 I_c 与空载时的杂散电流 I_o 之和，即 $I_{co} = I_c + I_o$ 。 I_c 可由 $I_c = U_1 \omega C_x$ 算出， I_o 为升压器不接被试品时，升压到试验电压 U_1 时的读数。

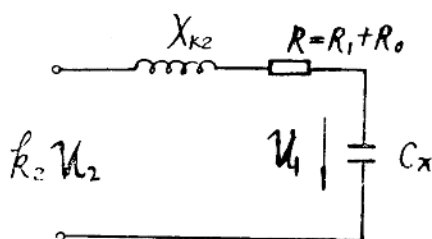
另外也可以利用经过测量已知电容量 C_n 的电容杆或套管等的电流 $I_n = U_1 \omega C_n$ 作为测量标准。

使用电容电流法要求所加电压的波形应近似为正弦波，电源频率应为50周，否则会测量带来很大误差。除此而外，电容量也必须测量准确。

三、计算法

计算法是根据升压器的漏抗和被试品的电容量等来计算升压器漏抗所引起的压降的影响。其方法是，将低压侧绕组（或测量绕组）测量的电压，经换算后计算出高压侧的电压，进行试验。

升压器容性负载时的简化等值回路如图七所示。



图七简化等值电路图

图中： k_2 —变压比，150千伏/500伏 = 300；

X_{k2} —升压器漏抗；

R —总电阻。 $R = R_0 + R_1$ ， R_0 为升压器阻抗的有功分量， R_1 为外接良流电阻；

C_x —被试品电容；

U_1 —高压侧电压； U_2 —低压侧电压。

由图七电路得，

$$U_2 = \frac{U_1}{k_2} \sqrt{\left(1 - \frac{X_{k2}}{X_c}\right)^2 + \left(\frac{R}{X_c}\right)^2} \dots\dots\dots (1)$$

如使用测量绕组电压换算到高压侧，则上式应为

$$U_3 = \frac{U_1}{k_3} \sqrt{\left(1 - \frac{X_{k3}}{X_c}\right)^2 + \left(\frac{R}{X_c}\right)^2} \dots\dots\dots (2)$$

式中： k_3 —变压比， $k_3 = \frac{150 \text{ 千伏}}{150 \text{ 伏}} = 1000$ ；

X_{k3} —升压器的高压侧漏抗。

通过试验和计算可确定升压器的参数 k_2 ， k_3 ， X_{k2} ， X_{k3} 及 R_0 。

对于25千伏安、150/0.5千伏的升压器

$k_2 = 300$ ， $k_3 = 1000$ ， $X_{k2} = 80 \text{ 千欧}$ ， $X_{k3} = 74 \text{ 千欧}$ ， $R_0 = 20 \text{ 千欧}$ 。

当试品 $C_x < 5000$ 微微法时，

可以忽略 R 的影响，此时式(1)(2)可简化为

$$U_2 = \frac{U_1}{k_2} \left(1 - \frac{X_{k2}}{X_c}\right) \dots\dots\dots (3)$$

$$U_3 = \frac{U_1}{k_3} \left(1 - \frac{X_{k3}}{X_c}\right) \dots\dots\dots (4)$$

$$\text{或 } U_2 = \frac{U_1}{k_2} (1 - \omega X_{k2} C_x) \dots\dots\dots (3)'$$

$$U_3 = \frac{U_1}{k_3} (1 - \omega X_{k3} C_x) \dots\dots\dots (4)'$$

其中 $\omega X_{k2} = 2.5 \times 10^{-8} \frac{1}{\text{微微法}}$ ， $\omega X_{k3} = 2.3 \times 10^{-8} \frac{1}{\text{微微法}}$ 。

因此，在试验时，根据被试品电容量 C_x 及其所加的试验电压 U_1 即可直接换算出低压侧电压表的读数 U_2 或测量绕组电压表读数 U_3 。

例：被试品电容量为3200微微法，其试验电压为120千伏，用一台25千伏安、150千伏的升压器进行试验，试计算低压侧电压表读数和测量绕组电压表读数。

解：利用公式(3)'可计算出低压侧电压表的读数为

$$U_2 = \frac{U_1}{k_1} (1 - \omega X k_2 C_x) = \frac{120 \times 10^3}{300} (1 - 2.5 \times 10^{-5} \times 3200) \\ = 400 (1 - 0.08) = 368 \text{ (伏)}$$

利用公式(4)'可以计算出测量绕组电压表的读数为

$$U_3 = \frac{U_1}{k_3} (1 - \omega X k_3 C_x) = \frac{120 \times 10^3}{1000} (1 - 2.3 \times 10^{-5} \times 3200) \\ = 120 (1 - 0.071) = 111 \text{ 伏}$$

用算法进行试验时的实际测量结果列于表七、八中。

表七、算法实测结果 ($R_1 = 0$, $R = R_0 = 20$ 千欧)

被试品电容量Cx微微法	12780	6400			3200		
电压互感器测得的电压U ₀ 千伏	40	40	80	120	40	80	120
低压侧电压表实测数值U ₂ 伏	88.5	111	222	340	123.6	244.8	374.4
由计算得低压侧电压表读数U ₂ 伏	88	112	224	336	122.7	245	368
误差 %	-0.6	+0.9	+0.9	-1.1	-1.3	+0.1	-0.7
测量绕组电压表实测数值U ₃ 伏	27.5	33.9	67.8	103	36.8	73.8	113
由计算得测量绕组电压表读数U ₃ 伏	27.2	34.4	68.5	102	37.2	74.3	111
误差 %	-1.0	+1.0	+1.0	-1.0	+1.0	+0.7	-1.8

表八、算法实测结果 ($R_1 = 90$ 千欧, $R = 90 + 20 = 110$ 千欧)

被试品电容量Cx微微法	12780	6400			3200		
电压互感器测得的电压U ₀ 千伏	40	40	80	120	40	80	120
低压侧电压表实测数值U ₂ 伏	108	116	234	354	123	246	378
由计算得低压侧电压表读数U ₂ 伏	105	115	230	345	123	246	369
误差 %	-2.8	-0.9	-1.7	-2.5	0	0	-2.3
测量绕组电压表实测数值U ₃ 伏	32.5	34.8	70	107	37.4	75	114
由计算得测量绕组电压表读数U ₃ 伏	32.2	35.5	71	106	37.5	75	112
误差 %	-1.0	+0.9	+1.4	-0.9	0	0	-1.8

综上所述，使用计算的方法间接测量高压侧电压，在现场试验中比较简便，测量准确度也能满足现场试验的要求。

但是，采用这一方法时，升压器的漏抗，被试品的电容量等参数均应准确测量，且要计算无误；对试验电源的波形和频率要求是基本上为50周正弦波，否则将会引起较大的测量误差。因此，这种方法只适用于工频耐压试验较频繁的一般设备。对重要设备的工频耐压试验它仅可作为辅助测量方法。

四、结 论

1、对电力设备进行工频交流耐压试验时，应充分注意由于被试品电容在升压器高压侧所引起的电压升高，如果估计电压升高超过被试品耐压标准的5%时，应采用适当的方法测量高压侧电压。在这种情况下，绝对不能采用按升压器变比直接推算到高压侧的电压作试验标准。

2、对一般设备进行交流耐压试验时，在掌握升压器的参数后，可根据被试品的电容量，并考虑到保护电阻的影响，应用算法对升压器低压侧（或测量绕组）所加电压修正后作为耐压测量的标准。

3、对重要设备进行交流耐压试验时，应直接测量加于被试品端的电压。除采用电压互感器法外，还可采用分压比较法，电容电流法。而在这些方法中，尤以电容分压法具有使用简便，仪器仪表较轻，测量准确度高及抗干扰能力强等特点。在选定测量方法在高压侧进行直接测量的同时，还应在升压过程中，用算法或其他方法进行校核，以防止由于表计失灵等原因引起误差。

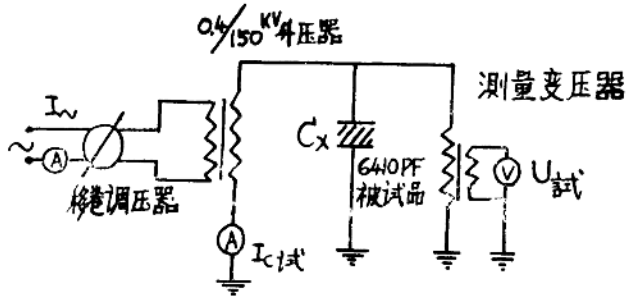
4、在进行工频交流耐压试验时，应使试验电源为近似50周正弦波，以保证试验和电压测量的正确性。

移卷调压器对工频耐压试验的影响

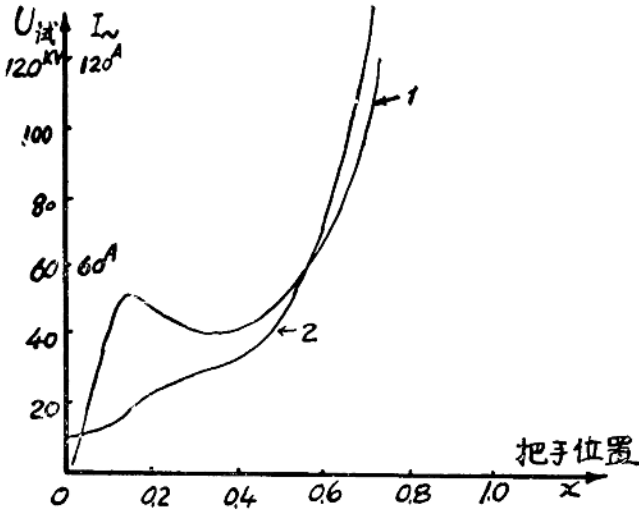
一、异常现象介绍

我省高压试验工作者，在使用150KV，25KVA的试验变压器（配有12.5KVA移卷调压器）对电气设备进行工频交流耐压的过程中，以及在利用100KVA移卷调压器给大型变压器作150周感应耐压试验时都曾多次遇到一种很异常的现象，我们就图一的接线来阐述这种现象，图1是对被试品的电容量为6410

微微法的设备进行工频耐压的接线图，在试验过程中我们发现，随着移卷调压器调正把手的移动，电压不是均匀地上升的、如果我们以调节把手的位置为横坐标（由0变化到1）并以高压测被试品上电压为纵坐标则得图二曲线1，被试品上的电压与把手移动位置的关系出现了马鞍形。



图一、工频耐压试验接线图



图二、“移卷”“分压”组工频耐压过程电压变化曲线

我们从此曲线中可清楚地看出，当调节把手位置在15%调至35%时，电压则下降，最低点电压约40仟伏，这时被试品电流也下降（ $U_{试}$ 与 $I_{c试}$ 始终成线性关系）在把手位置过了35%以后，电压又继续上升，在70%位置时电压升到120仟伏。

被试品侧的电压与电流同时随把手位置而改变，并同时呈马鞍形变化。或称之为加压过程中的N型曲线变化。但在电源侧的电流却是始终上升的，特别有意思的

是在被试品侧电压与电流下降的区间内、电源侧电流也是继续上升的，这由图二中的曲线 2 可以很明显的反映出来。

这种异常只是试品容量在某个范围时才能产生，并不是在作工频耐压试验时都会遇上。

由于此种现象容易造成误判断和有过电压的危险，因此我们对它进行了研究，力求掌握它的物理现象和实质。也实测了一些数据以供今后高压试验工作的参考。

二、试验变压器、移卷调压器的参数，及试验回路的初步分析

(一) 试验变压器名牌数据

上海电机厂 25KVA, 150KV/400V

高压侧额定电流 0.167A

低压侧额定电流 62.5A

阻抗电压 10.11%

经实测空载电流 $I_0 = 20\%$

(二) 移卷调压器的名牌数据

上海电机厂 12.5KVA

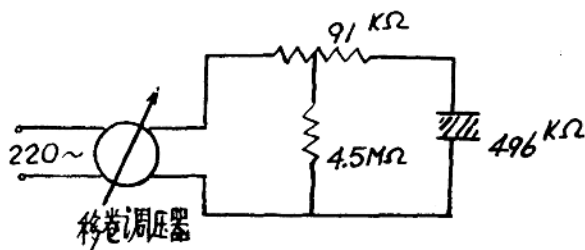
原边电压 220V 原边额定电流 59A

付边电压 0—500V 付边额定电流 25A

阻抗电压 20.35%

(三) 试验接线回路的初步分析

我们根据试验变压器的 $X_K = 10.11\%$ ，及实验数据 $I_0 = 20\%$ ，被试品电容量 6410 微微法，可以作出等值电路如图三。



图三，工频耐压试验的部份等值电路图

根据图三可以得出一些初步结论：

(1) 被试品容抗与试验变压器的激磁阻抗不能构成并联共振，因为激磁阻抗比被试品容抗大了将近 10 倍。

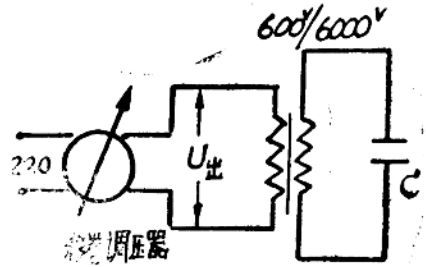
(2) 被试品的容抗与试验变压器的漏抗不能构成串联共振，因为试验变压器的漏抗仅为被试品容抗的五分之一左右。

(3) 可以估计到，异常现象是移卷调压器特性所造成。在被试品电容电流较小的时候并没有这种异常现象。只是在被试品电容电流大到一定程度，亦就是说被试品的容抗与调压器的漏抗相接近时有可能要产生串联共振。因此下面我们着重对移卷调压器进行一些分析。

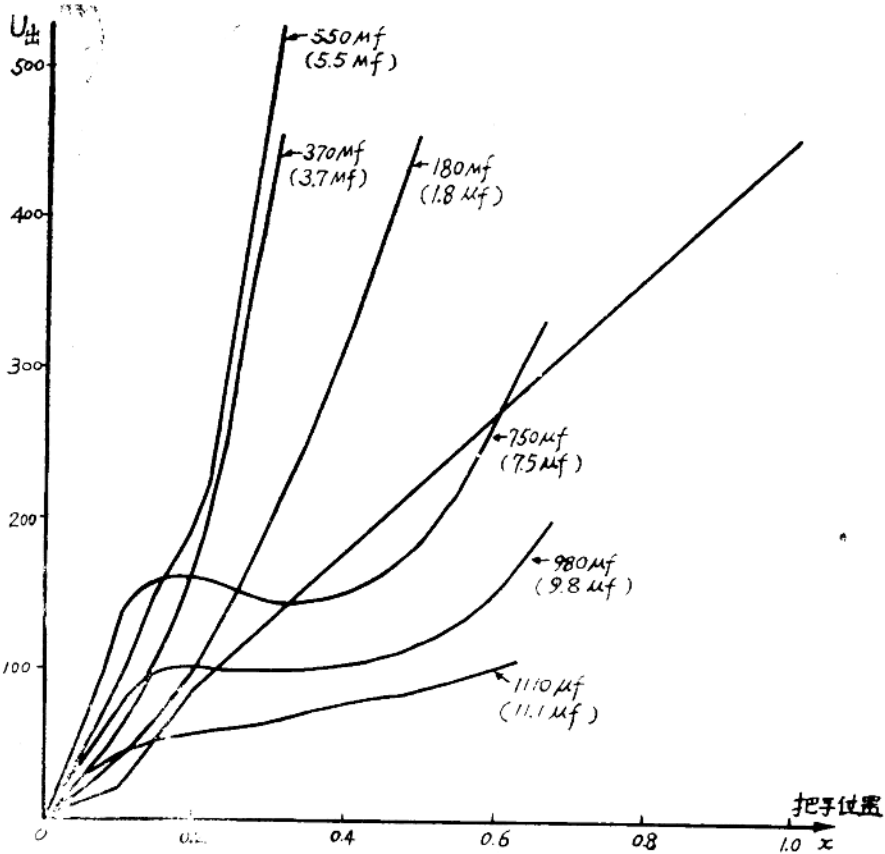
这里顺便提一句，有关移卷调压器的工作原理及结构设计等部分可参阅《变压器》杂志73年2期及《变压器报导》69年5、6期中的有关文章。

三、移卷调压器输出负载特性的模拟试验

为了正确理解和摸清N型曲线的由来，我们在现场作了一些模拟试验。模拟试验的线路原理图如图四。我们用变更电容C的大小，来模拟负荷的变化，并用试验的方法求出移卷调压器的输出负载特性，亦就是在某种负载电容下，移卷调压器的输出电压与调节把手的位置关系曲线，测得结果如图五。图五中的每条曲线都有旁注，是表明在多大负载电容时所测得的 $U_{出}(X)$ 曲线。这样对于一系列的负载电容就可构成移卷调压器的输出负载特性



图四 试验接线图



图五 不同负载时的 $U_{出}(X)$ 曲线

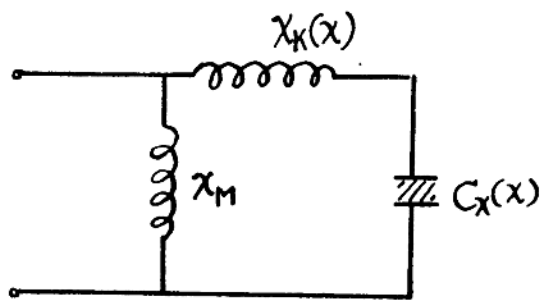
曲线族，但是此图仅对移卷调压器配用600V/6000V升压器时才适用，为了实用上的方便我们可以把此系列电容负载数值折算成移卷调压器配用400V/150KV升压器时相应的出口负载电容，或是折算成移卷调压器出口就带负载（不经过升压器）时相应的负载电容，折算结果列表如下；折算的方法众所周知这里从略；对于移卷调压器配用其他类型升压器当然也可用同样方法折算，这里也从略。

模拟试验中的负载电容量 (μF)	1.8	3.7	5.5	7.5	9.8	11.1
折算至400V/150KV升压器出口的负载电容量 (μF)	1280	2640	3910	5350	7000	7920
折算至移卷调压器出口的负载电容量 (μF)	180	370	550	750	980	1110

这些曲线来源于附表一至表六的实验数据。这些实验数据一致表明负载上的电流与电压的关系始终是线性的，同时N型曲线是客观存在的，并与在第一部分中所叙述的现象完全一致，数据基本上吻合。图五中的直线是移卷调压器的空载输出特性，数据来自附表八、这里也把它画出是为做比较和分析用。

四、移卷调压器输出负载特性曲线族的分析

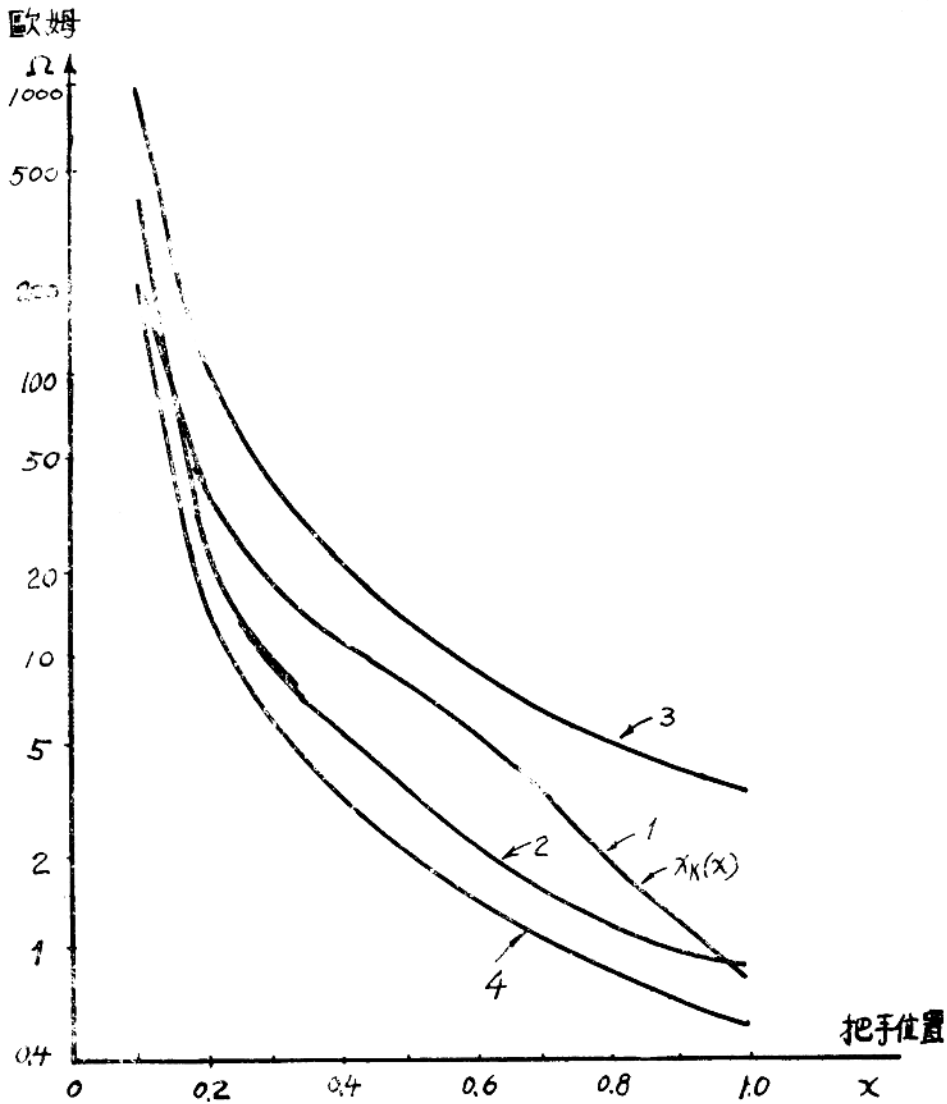
移卷调压器在负载情况下的调正过程可用图六来表示。图中 C_x 为负载电容，是一常数； X_M 是调压器的励磁阻抗，由实验数据可知，它与调节把手的位置基本上无关，因此我们也可视之为常数； X_K 是调压器的漏抗，由于这种调压器的结构关系，其漏抗较大，不但远大于一般变压器，也大于其他种类的调压器（附录四介绍了它和其他几种调压器阻抗值的比较）。此外 X_K 是与调节把手位置有关的，因此我们用 $X_K(X)$ 来表示， $X_K(X)$ 可以用实验的方法求出，并用曲线的形式来描写，图七中的



图六 移卷调压器调压过程等值电路图

的曲线 1 即是。图七中的纵坐标单位为欧姆，横坐标为调节把手位置的百分数 X 。

为了弄清移卷调压器的负载特性，我们把各种负载电容的容抗值，按调压器的变比，折算至电源侧 [因 $X_K(X)$ 实测数据也是在电源侧测得的]， C_x 在折算至电源侧的过程中，对应每一个 X ，都有不同的变比，因此折算至电源侧以后，也就成为 X 的函数了，我们用 $C_x(X)$ 表示之。它亦可用曲线的形式来描写，见图七中的曲线 2、3、4 即是。这些曲线的来源可参考附录二、附录三。



第七. 漏抗与负载容抗的比较

我们由图六可知, $X_R(X)$ 与 $X_C(X)$ 如果相等, 则要产生串联的谐振现象, X_L 在此回路中是直接和电源并联的, 因此可以不考虑它。

另外, 当 $X_R(X)$ 与 $X_C(X)$ 虽然不等, 但数值接近的时候, 可以产生负载端电压高于外施电压 (电感压升) 或低于外施电压的现象 (电感压降)。