

IEC 61934使用脉冲电压的自动局部放电(RPDIV)测试

使用传统的脉冲测试仪很难按照“IEC 61934”标准自动测试局部放电(RPDIV)。而免费软件“Sequence Maker”(Excel插件)能够在短时间内创建程序并执行自动测试。

测试对象

EV电机、变频家电电机、空调压缩机、工业电机、工业泵等。

市场背景

变频电机的驱动电压(开关电压)已越来越高压化。EV最高达800V,洗衣机、空调、冰箱等变频家电也有400V~600V以上的产品。一般来说,当产生350V~400V或更大的电压差时,就会发生局部放电。在通用逆变器中,当输入电压变为AC400V时,电机局部放电的问题就会非常明显。

此外,逆变器的高速开关操作会产生两倍以上开关电压的浪涌电压,这会使局部放电的可能性更大。(Fig.1)

“IEC 61934”中规定了使用脉冲电压的局部放电测试。该测试中测量“PDIV”、“RPDIV”、“RPDEV”和“PDEV”。

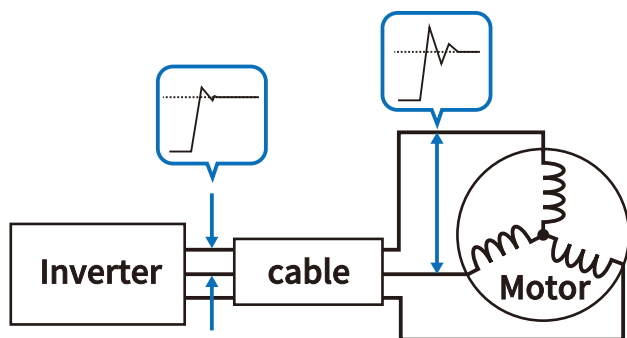


Fig.1 电机的浪涌电压

Application Note

问题

“IEC 61934” 的测试步骤如下。

- 确定未检测到局部放电的最小测试电压和始终检测到局部放电的最大测试电压。
- 以相同的测试电压多次施加（例如10次）以增加测试电压。
- PDIV 是首次检测到局部放电时的脉冲电压。
- RPDIV 是 10 次中检测到 5 次的脉冲电压。
- 从最大测试电压降低到最小测试电压
- RPDEV 是检测到 5 次的最大脉冲电压。
- PDEV 是不再检测到的脉冲电压。

使用传统的脉冲测试仪很难按照“IEC 61934”标准自动测试局部放电（RPDIV）。

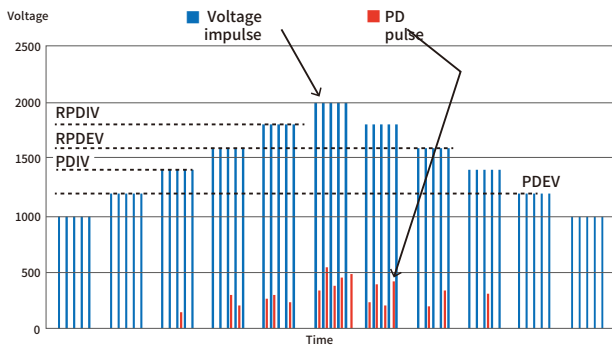


Fig.2 IEC61934 测试步骤

解决方案

在“Sequence Maker”（Excel 插件）中，编写了一个可以执行“IEC 61934”测试步骤并控制脉冲测试仪 ST4030A 的序列。可以根据按键操作的顺序来排列按键对应的指令，并执行接收数据的指令来接收Excel中的数据。这样，即可在短时间内创建一个程序。（详见Fig.3和Fig.4）

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1														
2														
3														
4		*IDN?	HIOKI	ST4030	1.81E+08	V8.01								
5		#START												
6		*RST												
7		:MODE BDV												
8		:BDV:LEVel:PULSe 10,0												
9		:BDV:RANge 4												
10		:BDV:RECOrd:LENGth 4001												
11		:BDV:AREA OFF												
12		:BDV:LCRC OFF												
13		:BDV:DISCharg ON												
14		:BDV:DISCharg:LIMit 100												
15		:BDV:PEAK OFF												
16		:BDV:FREQuency OFF												
17		:BDV:SAMPle ON												
18		:BDV:LEVel:VOLTage 1500,1500,100												
19		:START												
20		:BDV:FETCh:STEP?	#####	001.497E+03	#####	0	0	0	0.18	0	2.73			
21		:BDV:FETCh:READ?	#####	001.495E+03	#####	0	0	0	0.34	0.02	2.37			
22		:BC:测量值输出	#####	001.503E+03	#####	0	0	0	0.2	0	3.83			
23		:BC:指令	#####	001.499E+03	#####	0	0	0	0.06	0	2.82			
24		:BDV:FETCh:STEP?	#####	001.499E+03	#####	0	0	0	0.04	0	3.31			
25		:BDV:FETCh:READ?	#####	001.500E+03	#####	0	0	0	0.02	0.02	2.86			
26		:BDV:FETCh:READ?	#####	001.500E+03	#####	0	0	0	0.02	0	3.17			
27		:BDV:FETCh:READ?	#####	001.500E+03	#####	0	0	0	0.03	0.02	2.64			
28		:BDV:FETCh:READ?	#####	001.500E+03	#####	0	0	0	0.02	0	2.41			

Fig.3 Sequence Maker 程序

Application Note

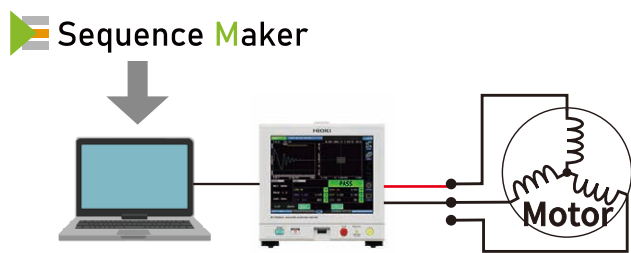


Fig.4 接线图

使用仪器

脉冲线圈测试仪	ST4030A	HIOKI 产品
Sequence Maker		HIOKI 产品

实测数据

实测结果：PDIV = 1700V, RPDIV = 2150V, RPDEV = 2100V, PDEV = 1950V。

测试电压以 100V 的步进来设置，但从显示结果来看 100V 的步进并不合适。因为发生了突然检测到 RPDIV 而没有检测到 PDIV 的情况。局部放电 (PD) 的阈值为 $\sigma \geq 6$ 。如 Fig.5 所示。

Set	PD	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10	
voltage [V]	count	Peak [V]	PD [σ]	Peak [V]	PD [σ]	Peak [V]	PD [σ]	Peak [V]	PD [σ]	Peak [V]	PD [σ]	Peak [V]	PD [σ]	Peak [V]	PD [σ]	Peak [V]	PD [σ]	Peak [V]	PD [σ]	Peak [V]	PD [σ]
1,500	0	1,497.34	2.45	1,494.40	2.46	1,502.87	3.84	1,497.60	2.72	1,498.64	2.59	1,499.32	2.19	1,498.54	3.1	1,498.82	3.31	1,497.67	2.36	1,499.20	3.52
1,550	0	1,546.43	2.5	1,543.28	2.68	1,552.10	2.99	1,547.78	2.26	1,549.13	2.68	1,548.22	1.99	1,548.87	2.38	1,548.14	4.6	1,549.45	3.38	1,548.63	2.27
1,600	0	1,595.56	2.74	1,594.72	2.43	1,602.35	4.15	1,597.28	2.46	1,598.91	2.78	1,597.79	3.21	1,598.46	3.4	1,599.10	3.39	1,598.24	2.93	1,599.20	5.42
1,650	0	1,649.06	2.64	1,646.03	4.15	1,654.29	3	1,649.84	4.29	1,651.93	3.04	1,651.05	4.12	1,651.10	3.06	1,651.13	3.52	1,650.95	2.94	1,649.96	2.47
1,700	1	1,696.98	2.97	1,693.29	3.89	1,700.81	2.44	1,698.99	2.76	1,699.82	2.73	1,700.46	2.76	1,699.92	3.4	1,699.41	4.12	1,698.99	7.89	1,698.49	2.49
1,750	0	1,745.14	4.73	1,744.36	3.01	1,752.96	3.01	1,748.67	2.5	1,749.41	2.65	1,749.21	2.65	1,748.60	3.04	1,750.47	3.08	1,749.50	3.41	1,749.33	2.9
1,800	1	1,795.33	2.3	1,795.22	2.66	1,805.55	3.1	1,800.64	2.76	1,799.40	3.06	1,800.66	3.28	1,800.35	2.27	1,799.49	3.26	1,799.97	7.38	1,801.30	3.42
1,850	1	1,846.35	6.82	1,842.34	3.11	1,852.42	3.17	1,847.52	2.78	1,849.31	2.78	1,852.35	2.94	1,847.42	5.86	1,849.72	3.71	1,849.54	2.69	1,849.81	2.26
1,900	1	1,895.00	2.6	1,894.31	8.95	1,903.63	3.09	1,899.38	2.6	1,898.26	2.58	1,897.10	3.03	1,900.02	2.74	1,899.50	3.44	1,897.60	2.4	1,899.94	2.25
1,950	0	1,945.62	3.02	1,945.85	2.53	1,954.90	2.23	1,947.29	3.45	1,950.77	3.27	1,949.01	3.95	1,951.38	3.02	1,950.88	2.56	1,947.73	2.91	1,949.38	3.14
2,000	0	1,992.79	3.08	1,991.23	2.49	2,000.79	3.19	1,995.29	2.77	1,997.89	2.8	1,997.82	3.1	1,996.60	5.06	1,996.61	2.86	1,996.85	3.38	1,995.75	2.64
2,050	1	2,047.39	2.98	2,044.78	2.63	2,055.14	2.97	2,049.30	17.7	2,051.08	4.46	2,049.23	3.84	2,050.81	4.04	2,050.20	2.38	2,050.96	2.76	2,048.83	2.74
2,100	3	2,096.63	16.77	2,096.47	3.74	2,106.01	21.39	2,100.89	16.79	2,101.18	2.74	2,099.98	4.26	2,101.44	3.09	2,100.42	3.09	2,099.95	2.35	2,101.11	2.74
2,150	5	2,147.18	22.58	2,149.78	3.33	2,154.19	3.41	2,151.86	8.67	2,152.33	2.9	2,152.91	20.63	2,152.87	5.96	2,151.20	4.14	2,152.37	22.64	2,152.37	19.83
2,200	2	2,199.42	3.07	2,194.08	3.87	2,204.22	3.2	2,197.76	3.05	2,201.34	3.16	2,200.03	3.99	2,200.39	3.79	2,202.11	3.76	2,199.90	21.63	2,201.01	19.91
2,250	6	2,247.40	23.86	2,246.20	34.13	2,249.86	20.79	2,250.10	3.86	2,250.46	25.47	2,251.50	21.37	2,249.75	5.92	2,252.19	5.96	2,250.42	3.68	2,251.50	6.11
2,300	5	2,297.13	3.51	2,297.56	24.48	2,303.46	4.2	2,297.70	6.85	2,301.00	27.24	2,300.22	14.09	2,300.04	3.22	2,295.42	3.43	2,299.92	14	2,300.25	3.89
2,350	10	2,350.01	26.19	2,346.80	25.41	2,351.42	13.15	2,349.20	16.85	2,349.29	17.59	2,349.98	18.35	2,353.01	18.75	2,352.01	17.44	2,350.34	21.9	2,349.00	19.49
2,400	10	2,401.38	21.04	2,400.06	16.05	2,403.61	15.99	2,400.82	17.04	2,402.57	16.32	2,399.01	16.21	2,399.34	19.89	2,402.35	17.63	2,401.04	19.14	2,401.59	17.87
2,350	10	2,348.68	25.94	2,348.21	23.98	2,353.01	23.47	2,348.62	26.32	2,350.20	25.08	2,349.20	24.65	2,349.84	26.35	2,348.89	25.22	2,350.76	24.84	2,351.05	24.58
2,300	10	2,297.73	23.2	2,297.43	20.41	2,301.32	24.76	2,301.08	24.44	2,301.75	21.44	2,301.18	22.5	2,299.29	25.93	2,301.74	20.62	2,301.01	23.49	2,299.37	28.04
2,250	9	2,249.02	25.65	2,248.74	3.55	2,252.13	19.95	2,247.89	22.42	2,249.79	23.98	2,250.55	21.3	2,249.99	19.92	2,250.66	21.92	2,247.99	22.42	2,251.63	24.47
2,200	9	2,197.37	24.85	2,196.03	22.06	2,202.09	20.46	2,199.04	19.76	2,199.59	22.77	2,201.27	20.37	2,202.01	4.51	2,201.80	16.86	2,201.22	22.99	2,203.33	21.86
2,150	4	2,146.17	4.41	2,146.62	19.66	2,153.05	16.26	2,152.00	16.49	2,150.93	4.61	2,151.99	3.63	2,151.62	3.42	2,147.91	3.4	2,150.72	17.43	2,148.81	4.5
2,100	5	2,100.29	18.17	2,097.16	3.24	2,102.25	3.38	2,101.98	19.3	2,100.89	3.06	2,101.43	2.98	2,101.64	15.54	2,102.47	20.49	2,100.50	2.65	2,101.00	20.67
2,050	2	2,044.27	3.34	2,043.51	3.1	2,049.26	12.68	2,047.33	2.4	2,048.26	15.45	2,048.08	4.59	2,047.38	2.46	2,046.84	3.41	2,049.32	2.85	2,047.51	3.11
2,000	3	1,996.88	3.22	1,992.66	15.21	1,999.55	5.56	1,997.57	3.54	1,999.76	16.31	1,996.04	4.5	1,998.48	16.6	1,996.02	3.37	1,997.17	2.5	1,998.89	2.58
1,950	0	1,946.25	2.89	1,945.33	2.75	1,952.83	2.69	1,950.54	3.75	1,950.74	2.67	1,948.77	2.67	1,951.00	2.88	1,950.47	3.46	1,950.18	2.5	1,948.66	2.99
1,900	0	1,897.50	2.65	1,892.82	3.1	1,902.62	2.6	1,897.33	3.15	1,897.75	2.39	1,899.72	2.65	1,899.34	2.57	1,898.80	2.64	1,899.63	2.79	1,899.47	3.22
1,850	0	1,848.15	3.14	1,843.95	2.26	1,852.46	2.79	1,847.62	2.49	1,850.34	2.7	1,850.20	2.7	1,849.52	2.7	1,850.22	2.59	1,848.91	2.41	1,848.71	2.53
1,800	0	1,796.31	2.86	1,795.07	4.59	1,805.63	3.5	1,799.26	2.41	1,802.03	2.43	1,800.12	3.1	1,800.96	3.08	1,799.86	4.43	1,800.61	2.54	1,799.98	2.44
1,750	0	1,746.45	3.01	1,744.46	3.2	1,755.08	3.36	1,748.98	2.43	1,750.64	2.7	1,749.69	3.54	1,749.77	3.33	1,751.44	2.51	1,750.47	2.87	1,750.55	5.65
1,700	0	1,697.53	3.27	1,693.56	3.51	1,703.02	2.69	1,699.06	3.42	1,700.68	3.56	1,700.19	4.36	1,699.78	2.48	1,699.21	2.73	1,699.68	2.83	1,699.19	3.16
1,650	0	1,645.58	3.03	1,647.47	2.91	1,654.23	2.98	1,650.45	2.86	1,649.82	2.51	1,650.00	5.45	1,649.62	3.13	1,649.42	2.87	1,649.97	2.51	1,650.02	3.89
1,600	0	1,595.91	3.52	1,595.31	2.52	1,605.12	2.81	1,598.79	2.96	1,602.98	2.76	1,601.83	2.47	1,600.94	3.88	1,600.08	2.8	1,600.93	3.19	1,601.13	3.39
1,550	0	1,546.45	2.62	1,545.66	2.23	1,553.71	3.13	1,550.39	2.71	1,551.25	3.04	1,549.22	2.34	1,548.97	2.42	1,549.10	2.77	1,550.02	2.55	1,550.37	3.21
1,500	0	1,497.47	2.66	1,494.79	2.46	1,504.56	2.64	1,499.14	2.47	1,499.47	2.65	1,499.67	3.08	1,500.19	2.93	1,499.84	2.41	1,499.39	3.02	1,499.46	3.6

Table 1 脉冲电压-局部放电表

