

IEC 61934 インパルス電圧による部分放電 (RPDIV) 自動試験

従来のインパルス試験器では、「IEC 61934」の内容に沿った、部分放電 (RPDIV) の自動試験が困難です。無償ソフトの「Sequence Maker」(Excel アドイン) により、短時間でプログラムを作成し、自動試験が可能になります。

対象

EV モーター, インバーター家電モーター, エアコン圧縮機, 産業用モーター, 産業用ポンプ, ほか

市場の動き

インバーター・モーターの駆動電圧 (スイッチング電圧) は高電圧化しています。EV では最大 800V、洗濯機やエアコン、冷蔵庫などのインバーター家電も 400V から 600V を超える製品があります。一般的に 350V から 400V 以上の電圧差が生まれると部分放電が発生します。汎用インバータも一次側の電圧が AC400V になるとモーターに対する部分放電の問題が顕著になります。

また、インバーターの高速スイッチング動作は、スイッチング電圧の 2 倍を超えるサージ電圧を生みます。これにより、さらに部分放電が起きやすくなります。(Fig.1)

「IEC 61934」では、インパルス電圧による部分放電試験を規定しています。この試験では、「PDIV」および「RPDIV」「RPDEV」「PDEV」を測定します。

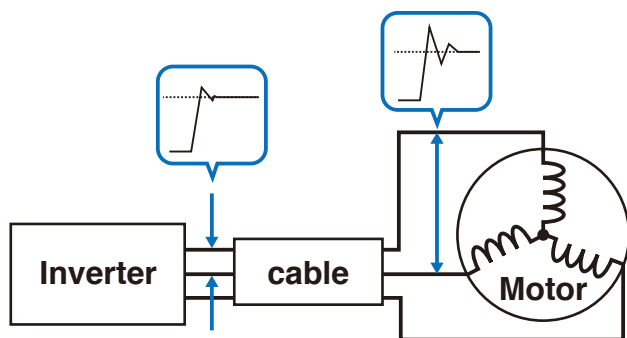


Fig.1 モーター端のサージ電圧

Application Note

課題

"IEC 61934" の試験手順は以下の通りです。

- ・部分放電が検出されない最小と、必ず検出される最大の試験電圧を決める
- ・同じ試験電圧で複数回の印加を行い（例えば 10 回）、試験電圧を上げて行く
- ・最初に部分放電を検出したインパルス電圧を PDIV とする
- ・10 回中、5 回検出したインパルス電圧を RPDIV とする
- ・最大試験電圧から最小の試験電圧まで下げて行く
- ・5 回検出した最小のインパルス電圧を RPDEV とする
- ・検出されなくなったインパルス電圧を PDEV とする

従来のインパルス試験器では、"IEC 61934" の内容に沿った、部分放電（RPDIV）の自動試験が困難です。

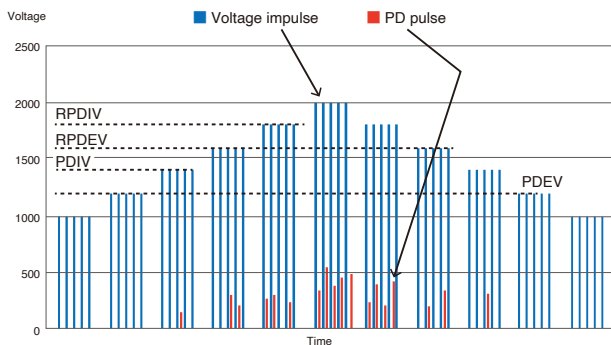


Fig.2 IEC61934 試験手順

解決策

"Sequence Maker" (Excel アドイン) で、"IEC 61934" の試験手順が実行できるシーケンスをプログラムし、インパルス試験器 ST4030A を制御しました。ボタン操作の順番で、ボタンに対応したコマンドを並べて行き、データ受信のコマンドを実行すれば Excel にデータが受信できます。短時間でプログラムが作成できます。(Fig.3 および Fig.4 参照)

コマンド	測定値
:BDV:FETCh:STEP?	##### 001.497E+03 ##### 0 0 0 0.18 0 2.73
:BDV:FETCh:READ?	##### 001.495E+03 ##### 0 0 0 0.34 0.02 2.37
:BC:#####	##### 001.503E+03 ##### 0 0 0 0.2 0 3.83
:BC:#####	##### 001.499E+03 ##### 0 0.06 0 2.82
:BD:#####	##### 001.499E+03 ##### 0 0.04 0 3.31
:BD:#####	##### 001.500E+03 ##### 0 0 0 0.02 0.02 2.86
:BDV:FETCh:READ?	##### 001.500E+03 ##### 0 0 0 0.02 0 3.17
:BDV:FETCh:READ?	##### 001.500E+03 ##### 0 0 0 0.03 0.02 2.64
:BDV:FFETCh:READ?	##### 001.500E+03 ##### 0 0 0 0.02 0 2.41

Fig.3 Sequence Maker プログラム

Application Note

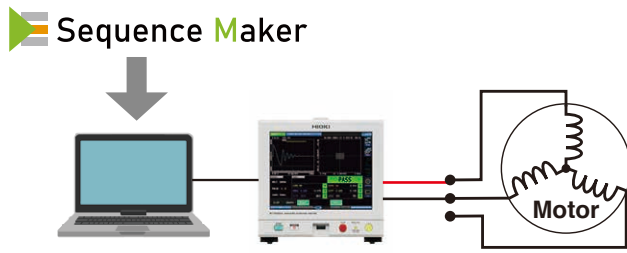


Fig.4 接続図

使用機器

インパルス巻線試験機	ST4030A	HIOKI 製品
Sequence Maker		HIOKI 製品

実測データ

実測した結果、PDIV = 1700V , RPDIV = 2150V , RPDEV = 2100V , PDEV = 1950V でした。

試験電圧は 100V 刻みで一度設定しましたが、結果として刻みが粗かったようです。PDIV を検出することなく、いきなり RPDIV を検出してしまふ事象がありました。部分放電 (PD) のしきい値は $\sigma \geq 6$ としました。グラフにしたものを Fig.5 に示します。

Set voltage [V]	PD count	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10	
		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	2.36	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	1,548.66	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 インパルス電圧 - 部分放電表

Application Note

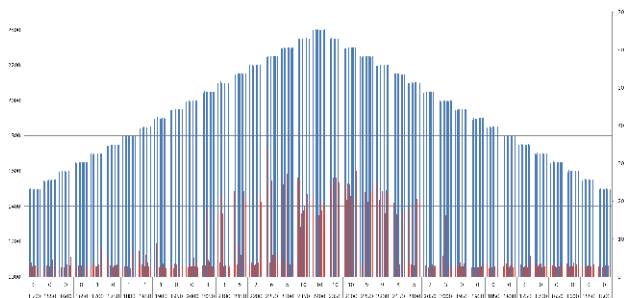


Fig.5 IEC61934 試験結果グラフ

まとめ

- "Sequence Maker" により、"IEC 61934" 記載の試験手順にしたがって、PDIV, RPDIV, RPDEV, PDEV の各インパルス電圧値の自動測定が可能になります。
- "Sequence Maker" は Excel アドインなので、コマンドの使い方を覚えるだけで簡単にシーケンスプログラムが作成できます。

本アプリケーションのご注意点：

- ・本アプリは ST4030 および ST4030A の制御が可能です。
- ・ST4030 および ST4030A のファームウェアはバージョンアップが必要です。
- ・Sequence Maker は下記サイトより無償にて提供しています。
<https://www.hioki.co.jp/jp/support/versionup/detail/?downloadid=1438>
- ・Sequence Maker の取扱説明書もサイトよりダウンロード可能です。
- ・サンプルプログラムが必要な場合は弊社営業員を通じご依頼ください。