

9 一定速度で昇圧可能な耐電圧試験装置の開発

内山陽介、伊藤幸一、久保雅之

Development of voltage withstand test equipment capable of boosting voltage at a constant rate

UCHIYAMA Yosuke, ITO Koichi and KUBO Masayuki

In recent years, the standards for withstand voltage (dielectric breakdown) testing, which is conducted to confirm that electrical products and electronic components operate safely under specified voltage conditions, have made it mandatory to increase the voltage applied when voltage is applied. In this study, a control mechanism for the voltage booster speed using a stepping motor and an Arduino was investigated so that the voltage withstand tester currently in use can be adapted to test methods compliant with new standards. The speed of the motor and the test voltage parameters were used to calculate the speed of the voltage multiplier. From the results, it was confirmed that multiple boost speeds in the standard could be reproduced and that the system could handle tests with different boosting methods.

キーワード：電気計測、耐電圧試験

1 概要

耐電圧(絶縁破壊)試験とは、電気製品や電子部品が規定の電圧条件下で安全に稼働するか確認するために高電圧を規定時間印加し、漏れ電流を測定して試験物の異常や破壊の有無を確認する試験である。西部工業技術センターでは、(株)菊水電子工業の耐圧試験器 TOS8750 (図1)により試験を行っている。近年の耐電圧試験規格には電圧印加時に昇圧速度を設定して試験を行う記載がある^{1)・2)}。一定速度で昇圧しながら印加することで、瞬間的に高電圧を印加する方法に比べ、試験物へのダメージを防いでいる³⁾。最近の耐電圧試験器は昇圧機能付きが主流であり、近年の試験規格に対応するには昇圧速度を設定できるものであることが必要とされている。しかし、前述のセンターが保有している装置には昇圧機能は付いていない。そのため、現在使用している耐電圧試験器を新しい規格に準拠した試験方法に対応できるように、昇圧制御機構を設計製作したので報告する。



図1 西部工業技術センター所有の耐電圧試験器

2 実験方法

2.1 昇圧条件

耐電圧試験規格には昇圧に関する記載はあるが、具体的な昇圧速度に関する記述はない。しかし、絶縁破壊試験規格⁴⁾には昇圧速度の記載があるため、この規格を参考に表1の昇圧速度で再現可能か検討した。また、試験規格には段階的に昇圧する方法や指定印加電圧値まで昇圧後に速度を変更する方法なども記載されており、これらの試験方法も実施できるか検討した。

表1 再現を検討する昇圧速度・試験方法

昇圧速度 [V/s]	1, 2, 5, 10, 20, 50, 100, 200, 500, 1000	
試験方法	短時間試験	0から絶縁破壊発生まで一定速度で昇圧。材料破壊まで10~20秒の範囲での速度が理想。
	20秒段階昇圧試験	短時間試験での絶縁破壊電圧値の40%を印加。20秒耐えたと、規定昇圧ステップで各段階の電圧を連続的に印加。
	低速昇圧試験	短時間試験の電圧値の40%から一定速度で昇圧。120~240秒で絶縁破壊が理想。

2.2 装置構成

図2は昇圧装置の構成図を示している。試験器の印加電圧変更ツマミのシャフトとステッピングモーターをカップリングで固定して、回転させて制御する。モーターにはバイポーラ型のステッピングモーターを使用した。シャフトの回転に必要なトルクと昇圧条件の変更に細かな制御に対応できる点からバイポーラ型の SM-42BYG011

を選定した。制御にはArduino を使い、昇圧速度の変更に対応できるようにした。図3は図2の構成図点線内の機構をまとめた昇圧装置である。塩化ビニル板で作製した台に3Dプリンタで造形した治具でモーターを固定した。

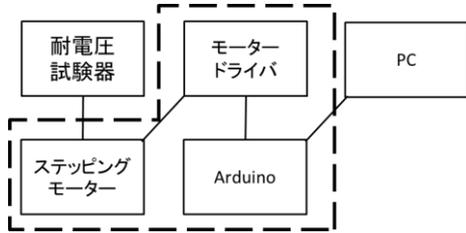


図2 昇圧機構の構成図



図3 作製した昇圧装置

図4に作製した昇圧装置の電気回路図を示す。トグルスイッチで押すと、LED が点灯し、モーターが正転・反転駆動する。また、保有する耐電圧試験器にはあらかじめ設定した漏れ電流値を検出した際にブザーが鳴り、電圧の印加を中止する機能が付いている。昇圧停止機構として、ブザー音を音声センサモジュールで検知し、昇圧するモーターを停止できるようにした。

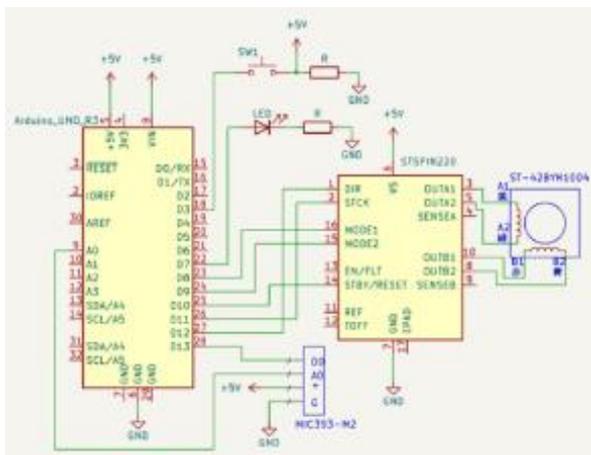


図4 昇圧装置の電気回路図

装置の動作をフローチャートにしたものが図5である。主な動作は繰返し回数が指定回数以下であれば、1ステップ分正転させ、音量確認を行い、音量が設定値を越えなければ繰り返すに戻る。また、繰返しが指定回数に到達や音量が設定値より大きい場合はモーターを停止するようにプログラミングした。

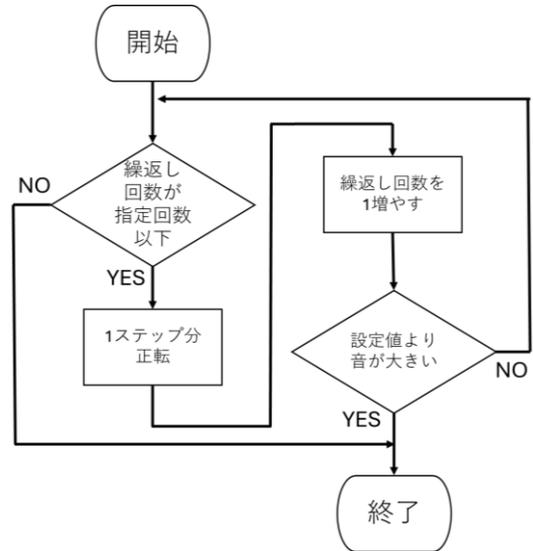


図5 装置の動作フローチャート

3 結 果

昇圧速度はモーターの回転速度で制御を行う。次の式から指定した昇圧速度 (V/s) での昇圧が可能である。今回の検討ではステッピングモーターを 180° 分の回転で固定する。このモーターの回転での到達する電圧値は試験電圧範囲 0 ~ 5 kV では 3.4kV まで昇圧する。

$$\begin{aligned} \text{昇圧速度 (V/s)} &= \frac{\text{到達電圧 (V)}}{\text{秒数 (s)}} \\ &= \text{到達電圧} \times \frac{\text{モーター回転速度}}{60 \times \text{回転角}} \quad \dots (1) \end{aligned}$$

回転角：指定の角度分、回転するのに必要なステップ
180° 回転させるには、800ステップ必要
到達電圧：指定の角度分、回転した際に到達する印加電圧値

この式から規格に準拠した昇圧速度はパラメータを設定することで表2のように再現可能となった。

表2 目標の昇圧速度にするためのパラメータ

目標速度	モーター回転速度	秒数(s)	結果速度(V/s)
1V/s	14	3,429	0.99
2V/s	28	1,714	1.98
5V/s	70	686	4.96
10V/s	141	340	9.99
20V/s	282	170.2	19.98
50V/s	705	68.1	49.94
100V/s	1,410	34	99.88
200V/s	2,821	17	199.82
500V/s	7,056	6.8	499.80
1,000V/s	14,110	3.4	999.46
2,000V/s	28,240	1.7	2,000.33

また、このパラメータにより自由に昇圧速度を変更でき、段階昇圧試験や低速昇圧試験にも対応できた。昇圧速度の目標値とモーターの回転による実際の昇圧速度の誤差は、使用する範囲内では最大1%であった。このことから実測にて十分な精度で試験の実施が可能であることが分かった。

4 まとめ

今回、耐電圧試験・絶縁破壊試験に対応した昇圧機構の作製を行った。その結果、複雑な試験方式での再現も可能となり、JIS規格に対応できるようになった。現時点では、昇圧がモーターのステップごとでの駆動のため、一部ムラはある。現行機械の入力電圧変動率±0.3%以内に収まるよう、今後はよりステップ角が小さい五相ステッピングモーターへの変更を行うとともに機器の振動を抑えるよう構成やプログラムの改善を図っていく予定である。

参考文献

- 1) JIS C9335-1, 家庭用及びこれに類する電気機器の安全性 (2014)
- 2) JIS C6950-1, 情報技術機器-安全性- (2016)
- 3) 菊水化学工業, 耐電圧試験器 HP,
<https://kikusui.co.jp/w2-2/safety-tester/voltage-testers/tos5300/>
- 4) JIS C2110-1, 固体電気絶縁材料-絶縁破壊の強さの試験方法 (2016)