

サイリスタ劣化診断装置「サイリスタ・テスター」の開発^{*1}田部井 邦夫^{*2} 宮本 哲夫^{*3} 山本 博正^{*4}

Development of Thyristor Diagnosis Apparatus "Thyristor Tester"

Kunio Tabei, Tetuo Miyamoto, Hiromasa Yamamoto

1 はじめに

サイリスタは、昭和40年以降、直流機や交流機の駆動用電力変換素子として、著しい発展をとげ、広範囲に使用されている。しかし、昭和50年代になって、劣化によるトラブルが発生しはじめ、生産設備への影響も増大してきている。

このような状況になって、現在実施している診断方法は、サイリスタを制御盤から取り外し、漏れ電流を測定することにより、その良否を判定するというやり方である。この方法は、作業に手間がかかり、劣化状態を継続して監視することが困難であるという大きな問題をかかえている。これを解決するには、劣化状況を簡便かつ高精度に診断する技術の確立が必要とされる。このニーズを満たすものとして、今回、サイリスタ劣化診断装置「サイリスタ・テスター」を開発し、商品化した。

本装置は、診断効率がよく、診断の作業時間短縮や劣化程度の定量的測定、劣化に応じた保守方法の選択などを図ることが出来る。

2 サイリスタの劣化

サイリスタの劣化は、漏れ電流の大きさや印加電圧に対する推移などから判定するのが一般的である。

劣化メカニズムとしては、

(1) シリコン・ウェハの圧接力低下による接触熱の増加やヒートサイクルによる許容ジャンクション温度上昇により、銅、シリコン等が熱膨張し、その伸び率の違いによりシリコンに曲げ応力加わり、クラックが発生する。

(2) シリコン・ウェハ端部の表面処理材(シリコンゴム)の絶縁性が吸湿や異物の混入により低下する。

などにより、電圧印力時、漏れ電流が流れると考えられている。そして、劣化の進行にともない漏れ電流は増加し、最終的には、順逆電圧阻止能力がなくなり短絡現象が発生することになる。

Photo 1に、正常なサイリスタと劣化したサイリスタの漏れ電流推移を示す。横軸は直流印加電圧、縦軸は漏れ電流である。正常なサイリスタは印加電圧が1350Vを超えるまで漏れ電流が流れないのに比べて、劣化したサイリスタは300Vを超えると漏れ電流が流れ始めている。この素子の定格順逆耐電圧は800Vであるが、それ以下の電圧で漏れ電流が流れていることがわかる。

3 漏れ電流の測定原理¹⁾

本装置による漏れ電流の測定方法は、サイリスタを制御盤から取り外すことなく、各部の漏れ電流を測定する点に特徴がある。

すなわち、サイリスタが回路に組み込まれた状態で、その両極(アノード、カソード)間に単相交流電圧を印加し、その時の漏れ電流をサーチコイルにて検出するものである。測定原理を Fig. 1 に示す。

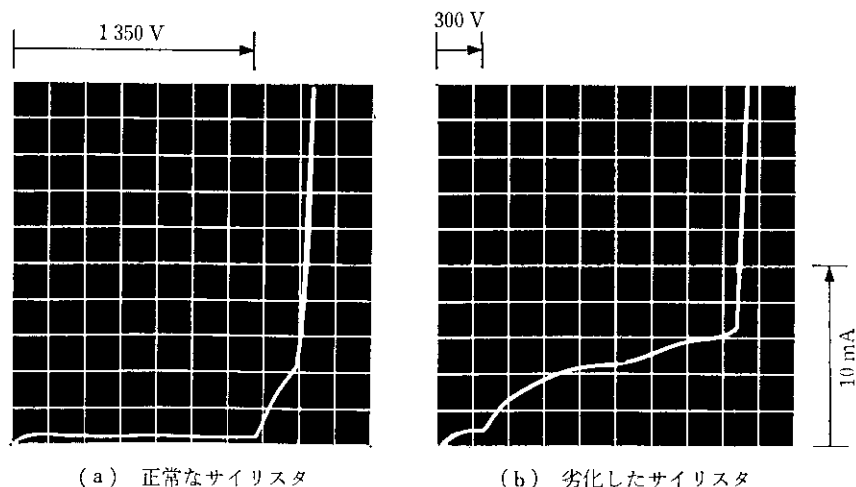


Photo 1 サイリスタの漏れ電流推移

*1 昭和61年12月26日原稿受付

*2 千葉製鉄所 保全部保全技術室

*3 千葉製鉄所 保全部保全技術室 主査(部長補)

*4 千葉製鉄所 保全部保全技術室 主査(課長補)

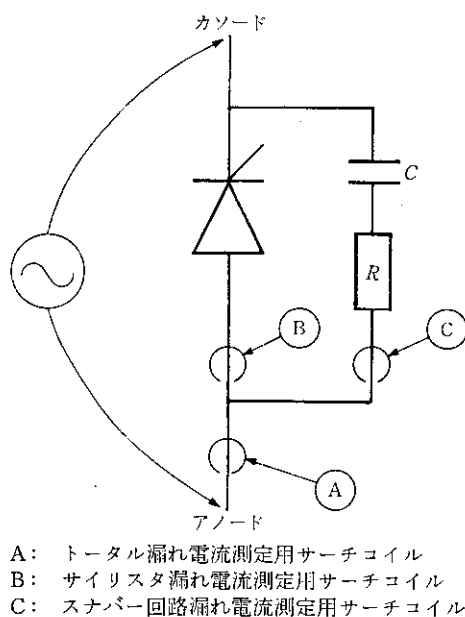


Fig. 1 漏れ電流の測定原理

なお、漏れ電流の測定部位は3ポイントあり、各々の漏れ電流の値により、サイリスタ素子や保護回路 (C-R スナバー回路) の劣化を同時に判定できる。

4 装置の構成と特徴

サイリスタの劣化を簡便かつ高精度に診断する装置をサイリスタ・テスターとして開発、商品化した。その外観を Photo 2 に示す。

4.1 装置の構成

装置の構成は、サイリスタの両極間に単相交流電圧を印加するための電圧発生器やデータ解析用マイコンを内蔵した本体および漏れ電流を測定するクランプ・メーターからなる。本体前面には、測定モードの選択、スナバー回路定数を設定するデジ・スイッチおよび診断結果を表示するランプなどが設置されている。本体は、小形・軽量化により可搬型とし、オプションとしてプリンターが接続でき、診断内容の明細がハードコピーでも得られる。Table 1 に装置の仕様を示す。

4.2 装置の特徴

従来の劣化診断法は、サイリスタを制御盤から取り外し、その両極間に電圧を印加して漏れ電流を測定し、その値や推移から専門知識を持った人が劣化程度を判定するものである。この方法では診断に手間がかかるばかりでなく、判定結果は定性的であり、傾向管理もしにくい等の問題がある。

本装置では、漏れ電流測定の簡便化と劣化判定のマイコン処理化により、これらの問題点を解決した。これにより、高効率な診断が可能になった。次に、本装置の特徴を示す。

- (1) サイリスタを制御盤から取り外すことなく、漏れ電流を測定できることから、診断作業時間が、従来の方法に比較し、1/5～1/9 に短縮できる。
- (2) 離結線が不要のため、診断後の誤結線による二次トラブルがなくなる。
- (3) 劣化判定の自動化により、専門知識がなくても簡便かつ高精度に診断できる。
- (4) 劣化程度が0～5の6段階の劣化度として出力されるため、劣化傾向の管理が容易になる。

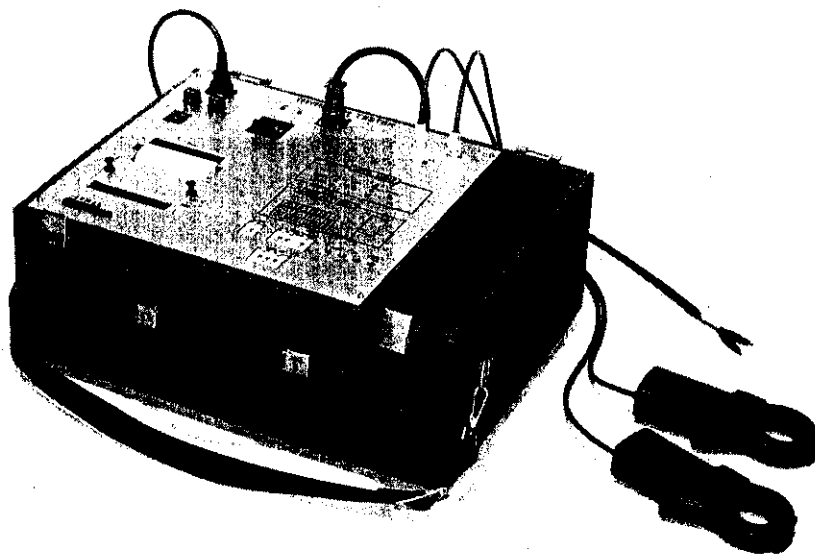


Photo 2 サイリスタ劣化診断装置「サイリスタ・テスター」

Table 1 サイリスタ劣化診断装置の仕様

項 目	仕 様
電 源	AC100 V 50/60 Hz
測 定 範 囲	0.01 mA から 50.00 mA までの漏れ電流
精 度	フルスケールの 1.5%
電流検出センサ	1A 用クランプメーター 2 台
出 力 電 圧	最大 AC300 V, 50/60 Hz ソース・コード 2 本
測 定 時 間	10 秒
測 定 モード	4 モード ①「トータル漏れ電流」と「サイリスタ素子漏れ電流」の測定 ②「トータル漏れ電流」と「スナバー回路漏れ電流」の測定 ③「トータル漏れ電流」の測定と「スナバー回路定数」の設定 ④「サイリスタ素子漏れ電流」と「スナバー回路漏れ電流」の測定
表 示	
パネル面	判定結果の LED 表示
プリンター (オプション)	判定結果の明細出力, 熱転写式
寸 法	450 mmW × 360 mmD × 180 mmH
重 量	15 kg

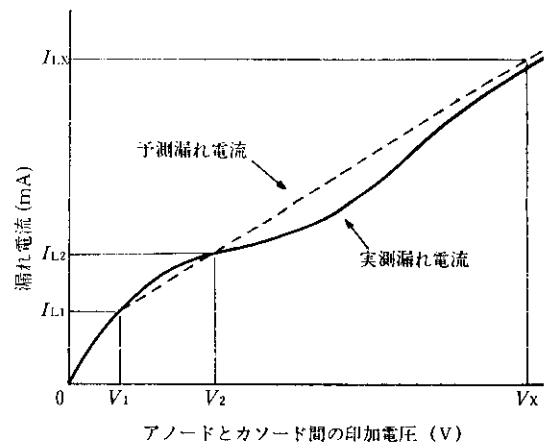


Fig. 2 サイリスタ印加電圧と漏れ電流の関係

Table 2 サイリスタ (型式: CH03CF-400A) の診断結果

サンプル	I_{L1} (mA)	I_{Lx} (mA)	クリープ 有無	劣化度 評価	2 500 V _{peak} 印加時の 漏れ電流実測値 (mA)	
					順方向	逆方向
1	0.8	5.5	なし	1	0	4
2	2.9	7.5	なし	3	0	10
3	5.0	11.2	なし	4	4	18
4	8.0	40.5	なし	5	1	50

5 装置の機能

5.1 漏れ電流の予測

サイリスタの両極間に、常用電圧以内の単相交流電圧 V_1 , V_2 を印加し、その時の漏れ電流 I_{L1} , I_{L2} から、定格せん頭順逆耐電圧 V_x での漏れ電流 I_{Lx} を次式により予測する。

$$I_{Lx} = I_{L1} + \frac{I_{L2} - I_{L1}}{V_2 - V_1} \times (V_x - V_1) \quad (1)$$

予測による漏れ電流カーブと実際の漏れ電流カーブとの関係を Fig. 2 に示す。

5.2 劣化度の評価

予測漏れ電流 I_{Lx} の値、電圧 V_1 印加時の漏れ電流 I_{L1} の値および漏れ電流のクリープ現象の有無について、独自の判定ロジックにより評価および解析し、劣化程度を 0~5 の 6 段階の劣化度として自動判定する。

6 診断事例

当社で 16 年間使用したサイリスタ (型式: CH03CF-400A) 54 素子について、診断した結果を示す。

- (1) 本装置による診断結果と従来の方法であるサイリスタに定格せん頭順逆耐電圧 2 500 V_{peak} 印加した時の漏れ電流値とを比較したところ、高い相関が得られた。その一例を Table 2 に示す。
- (2) 今回の診断に要した時間は、1 素子あたり約 4 分であった。従来の方法では、サイリスタを制御盤から取り外して漏れ電流を測定するので、約 25 分かかっており、作業時間が著しく短縮されることが実証された。

7 おわりに

生産設備に対して、状態監視保全の導入が叫ばれて久しいが、これを実現するためには、傾向管理ができ、診断作業時間がかからず、劣化判定も簡便かつ適確な診断技術の確立が不可欠である。

本装置は、診断事例で述べたように、従来の診断方法に比べて極めて簡便に劣化判定ができることから、今後のサイリスタ保全を事後保全から予防保全に移行するための有効な手段になると確信している。

参 考 文 献

- 1) 川崎製鉄(株): 特願昭 60-220919