

高精度・高機能の新小形サーマルリレー TR シリーズ

秋池 勝美(あきいけ かつみ)

大上 聡克(おおがみ としかつ)

千田 文雄(ちだ ふみお)

1 まえがき

低圧誘導電動機の過負荷保護装置としては、熱動形、電磁形、誘導形、静止形など各種の過負荷継電器がある。

この中で、熱動形過負荷継電器（以下、サーマルリレーと称す）は、電磁形、誘導形、静止形と比較して経済的であるだけでなく、通電電流による発熱を利用しているため電動機の熱特性と保護協調がとりやすい動作特性を有するとともに、取扱いが容易であるため、現在各種産業用設備において、広く用いられている。

サーマルリレーは、電磁接触器と組み合わされた電磁開閉器として広く使用され、各種設備の自動化・省力化にとって不可欠なものとなっている。近年では、生産システムが複雑化・大規模化しており、1台の電動機故障がシステム全体に与える影響はますます大きくなってきており、保護の信頼性をより向上させる要求が強くなってきている。

更に、最近の各種産業用設備は、プログラマブルコントローラ（PC）の使用により、制御系統の電子化が著しく進展しつつあり、サーマルリレーの補助接点は a・b 接点がそれぞれ異電圧で使用できるように 1 a 1 b 独立した構成であること、また、電子機器への直接入力ができるよう接触信頼性向上が図られていることなどの要求がある。

このような市場ニーズに呼応するため、多年の経験に基づき、今回、高精度・高機能の新小形サーマルリレー TR シリーズを開発したので、これらシリーズの概要と特長を紹介する。図 1 に新小形サーマルリレーの外観を示す。

2 特長と構造

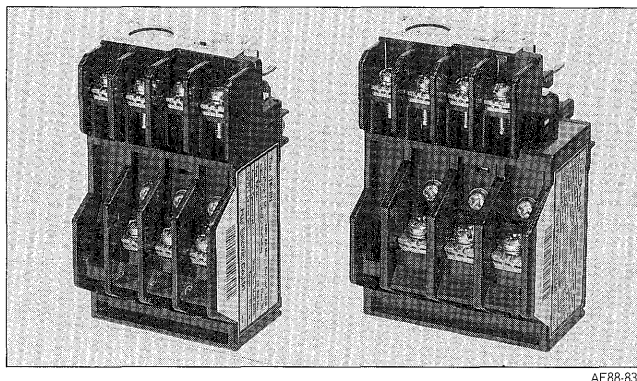
2.1 特 長

新小形サーマルリレー TR シリーズは、バイメタルの温度上昇による湾曲特性を利用した、高精度・高機能な熱動形の保護継電器で、主な特長は次のとおりである。

(1) 確実な電動機保護

IEC, JIS, JEM など各種規格値を満たす動作特性を有しているとともに、繰返し安定性に優れ、電動機の過負荷・

図 1 新小形サーマルリレーの外観



拘束による焼損を、安全・確実に防止できる。

また、保護の多様化に対応して、電動機の欠相運転による焼損を防止する欠相検出機能付（2 E サーマルリレー：TK-□N 形）が標準形（TR-□N 形）と同一寸法で製作可能である。

(2) 密着取付可能構造

電磁接触器の幅寸法よりもサーマルリレーの幅寸法が大きくなならないよう幅寸法を縮小したことにより、密着取付が図れ、これにより盤内を整然とさせることができる。

(3) 1 a 1 b 付高信頼性補助接点の採用

補助接点は、1 a 1 b の接点構成とし、両接点間には十分に絶縁距離を確保した構成としているため、a 接点・b 接点をそれぞれ異電圧で使用することが可能である。

補助接点には、金張り接点を採用することにより、酸化被膜の生成を防止し、接触信頼性を向上させており、PC などの電子制御回路の微弱な信号電流（DC5V, 3mA 以上）を直接制御できる。

(4) 電磁接触器へワンタッチ取付

電磁接触器へ組み合わせる取付板を不要な構造とし、電磁接触器のコイル端子すべてを電源側へ配置したため、接続箇所が削減し、ワンタッチにて電磁接触器への取付を可能にした。

(5) 見やすい表示

サーマルリレーの前面に表示カバーを取り付け、形式名



秋池 勝美

昭和46年入社。電磁開閉器の設計に従事。現在、吹上工場器具設計部課長補佐。



大上 聡克

昭和61年入社。電磁開閉器の設計に従事。現在、吹上工場器具設計部。



千田 文雄

昭和44年入社。電磁開閉器の開発試験に従事。現在、吹上工場器具設計部。

称，端子 No. などの表示をより見やすくした。更にダイヤル目盛もより細分化し見やすくした。

(6) トリップフリー機構

リセット棒が接続線などにより機械的に押し込まれていても，事故時には動作する安全なトリップフリー機構を採用している。

(7) リセット方式の切替が可能

リセット方式は，手動—自動の切換形とし，回路変更に対応が可能である。

(8) 手動トリップが可能

トリップ棒を押すことにより，容易に手動操作でトリップさせることができる。

(9) トリップ確認が容易

トリップ棒により，トリップ状態の確認がひと目でできる。

(10) 豊富なオプションユニット

用途に応じて，容易にオプションユニットを追加できる。

- (a) ダイヤルカバー：整定電流値が不必要に動かされることを防止する。
- (b) 動作表示ランプ：トリップ動作の確認を容易にする。
- (c) リセットリリース：盤表面からリセット操作が行える。
- (d) 単独設置ユニット：サーマルリレーだけを単独設置するユニットで，レール取付もできる。

2.2 構造

サーマルリレーは，通電電流による発熱でバイメタルを湾曲変位させる加熱部と，変位量が規定値を超えた際に反転動作して補助接点が切り換わる操作部とで構成される。

前述した新小形サーマルリレーの特長のうち，構造上特に配慮した点について説明する。

(1) 幅寸法の縮小

このシリーズは，200V 2.2kW 用 TR-0N 形と200V 3.7kW 用 TR-5-1N 形とから構成される。図2に新小形サーマルリレーの構造を示す。

密着取付可能とするために，TR-0N 形は組み合わせられ

図2 構造

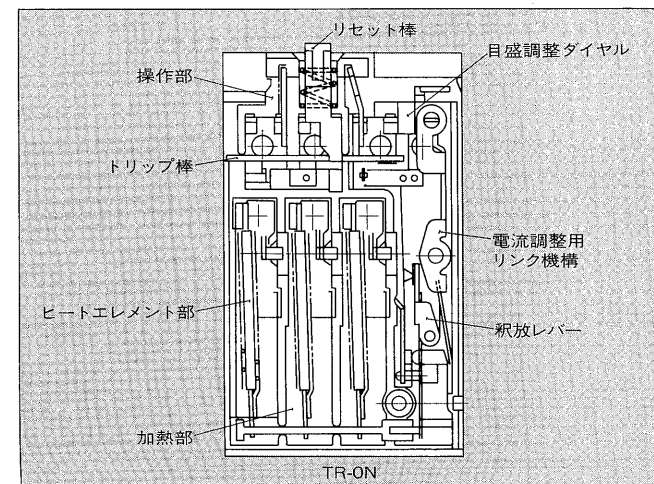
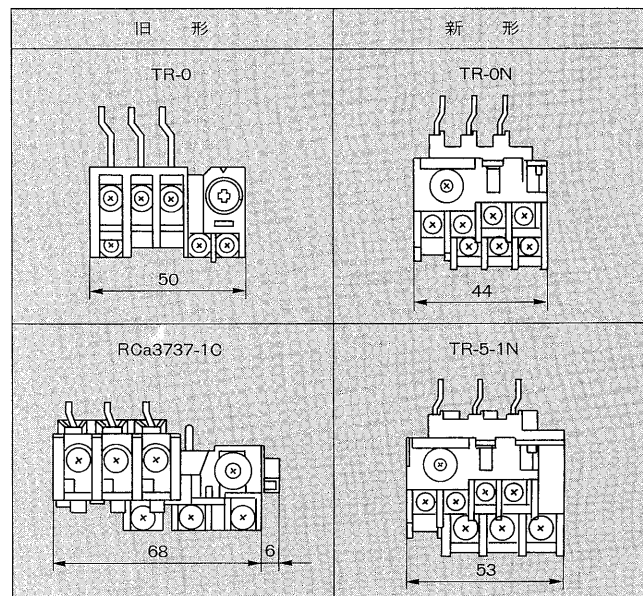


図3 幅寸法の新旧比較



る電磁接触器 SC-0 形の幅寸法に合わせる必要がある。

このため，加熱部と操作部とを二階建て構造とし，補助接点，目盛調整ダイヤル，リセット棒などを加熱部の上面に配置した。更に，バイメタルの湾曲変位量が規定値を超えた際に反転動作し，補助接点を切り換える反転ばね機構と，電流調整用リンク機構とを加熱部の側面に配置した。これにより，幅寸法を44mmに縮小した。

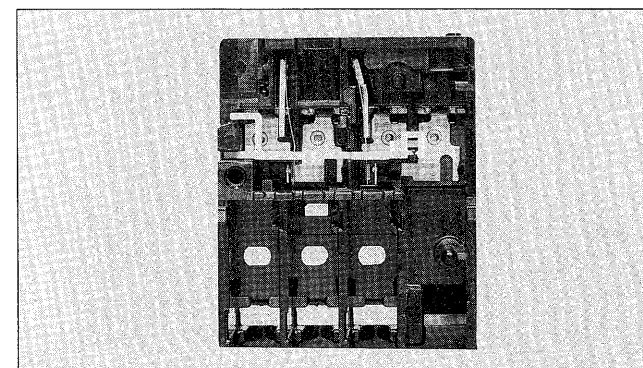
TR-5-1N 形は，最大定格電流が大きくなり，主端子ねじも M4 となるため，加熱部だけ幅を大きくし，操作部の部品は TR-0N 形と共用化した。これにより，幅寸法を53mmと小形化した。

図3に幅寸法の新旧比較を示す。TR-0N 形で6mm，TR-5-1N 形で21mm 幅寸法を縮小した。

(2) 高信頼性補助接点機構

図4に新小形サーマルリレーの接点機構部を示す。この接点機構には，富士電機独自のリフトオフ方式（可動接触子ばねがあらかじめたわんで自力にて接触力を出し，接点を開路するには反転ばねの力で連動板を介して可動接触子ばねを移動させ開路する方式）を採用しており，動作又は復帰時反転ばね及び連動板がバウンスしても，接点はその影響を受けないので，バウンスが短い接点機構を得ること

図4 接点機構



AF88-770

図5 反転ばね構造

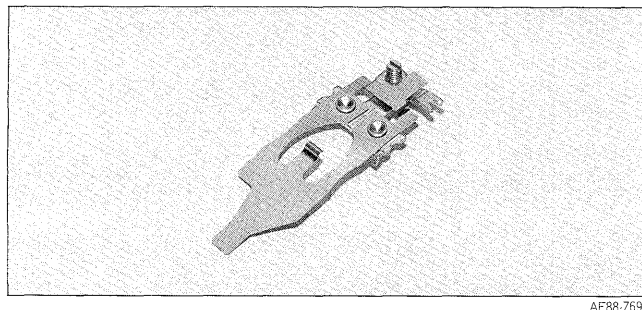


図6 接点負荷力と反転ばねの接点駆動力

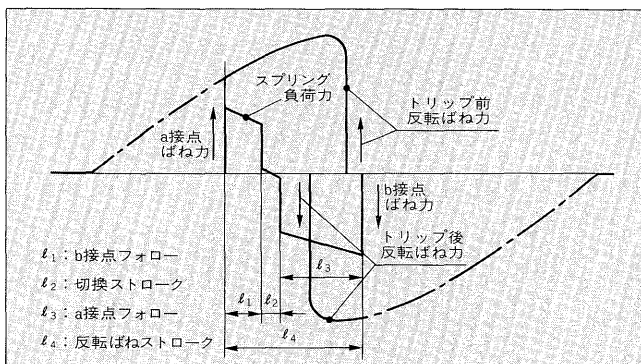
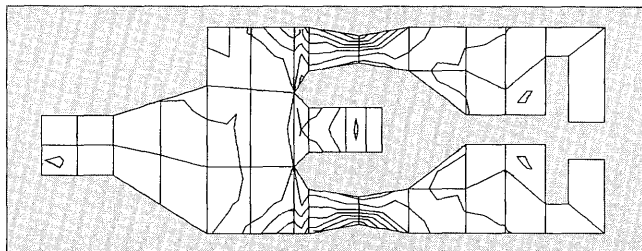


図7 薄板反転ばねの応力分布例



ができる。これにより、閉路・遮断電流容量が大きくとれ、また、接点消耗による接触圧力の低下が少なく、更に耐振性の優れた接点性能が得られる。

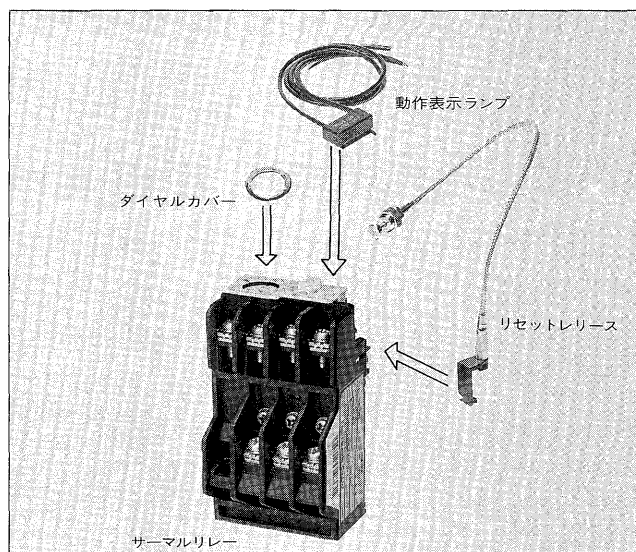
サーマルリレーの出力接点は、過負荷・拘束など回路に異常が発生した時だけ動作する。そのため通常使用状態では「b接点が閉路—a接点が開路」を保っている。したがって、接点表面は機械的摩擦や、アークによる変化が無いので運転中に酸化被膜の生成などにより、接触抵抗が増大する場合がある。微弱電圧・電流領域ではこれが接触信頼性の低下をまねく。これを防止するため金張り接点を採用するとともに、可動接点と固定接点とを十字接触方式とし、接触信頼性を向上させている。これにより、DC 5 V、3 mA 程度の微小電圧・電流の電子制御回路に直接入力することが可能となった。

(3) 薄板反転ばねの採用

バイメタルの湾曲変位量が規定値を超えた際に反転動作し、補助接点を切り換える反転ばね機構として、図5に示す構造を採用している。

この反転ばね機構は、1枚の薄板で構成され、ほぼE形

図8 オプションユニットの取付



状をしている。このE形状の外側足部を中央に向かって幅寄せした状態で支台に固定することにより、薄板中央部は“おわん”状に保たれる。ここで、E形状の中央足部を押すことにより、薄板は逆の“おわん”状に反転する。

この反転ばねの特性は、薄板ばね材料の板厚・ばね定数などにより変化する。材料のロットごとのばらつきは、プレス型内において、幅寄せ量の調整により吸収することができるので、安定した特性が得られる。また、薄板1枚で構成したので、小形化（特に幅寸法の縮小）と、自動機による組立の容易化を実現できた。

この反転ばねの開発において、形状、板厚、変形量、反転荷重、接点駆動力などの関係を、FEM（有限要素法）により解析し、最適設計を行った。

図6に接点駆動位置における、接点負荷力と反転ばねの接点駆動力の関係を示す。図7に反転時に発生する最大応力の応力分布図を示す。

(4) オプションユニットの取付

用途に応じて追加できるよう、豊富なオプションユニットを用意している。図8に、①ダイヤルカバー、②動作表示ランプ、③リセットリリースの取付方法を示す。すべてワンタッチで、容易に取付・取外しができる。

③ 定格と性能

3.1 定格

(1) ヒートエレメント定格

表1に新小形サーマルリレーのヒートエレメント定格の種類と、富士標準電動機出力に対するヒートエレメント定格の標準適用を示す。

(2) 補助接点の定格

サーマルリレーの補助接点は、一般に、電磁接触器の操作コイルの励磁電流遮断や、警報回路の閉路・遮断などを行う。表2に新小形サーマルリレーの補助接点定格を示す。

表 1 ヒートエレメント定格の種類

富士電動機全負荷電流 I_n (参考)				標準形サーマルリレーの形式とヒートエレメント定格			
4P 400V 50Hz		4P 200V 50Hz			TR-ON TR-ONH	TR-5-1N TR-5-1NH	
出力 (kW)	I_n (A)	出力 (kW)	I_n (A)	組み 合わ された 電磁 開閉 器	SW-03 SW-0 SW-05	SW-4-0 SW-4-1 SW-5-1	
					0.1~0.15A	0.1~0.15A	
					0.15~0.24A	0.15~0.24A	
0.1	0.36				0.24~0.36A	0.24~0.36A	
					0.36~0.54A	0.36~0.54A	
0.2	0.7	0.1	0.71		0.48~0.72A	0.48~0.72A	
					0.64~0.96A	0.64~0.96A	
0.4	1.2				0.8~1.2A	0.8~1.2A	
		0.2	1.4		0.95~1.45A	0.95~1.45A	
0.75	1.8				1.4~2.2A	1.4~2.2A	
		0.4	2.3		1.7~2.6A	1.7~2.6A	
					2.2~3.4A	2.2~3.4A	
1.5	3.3	0.75	3.6		2.8~4.2A	2.8~4.2A	
2.2	4.6				4~6A	4~6A	
		1.5	6.5		5~8A	5~8A	
3.7	7.5				6~9A	6~9A	
		2.2	9.2		7~11A	7~11A	
5.5	11				9~13A	9~13A	
7.5	15	3.7	15		12~18A	12~18A	

3.2 性能

(1) 動作特性

表 3 に、IEC、JIS、JEM に規定されているサーマルリレーの動作特性（規格値）を示す。新小形サーマルリレーは、これら各種規格値を満たす動作特性を有しており、平衡回路における限界動作値は、105% I_n 不動作、105~120% I_n 2 時間以内動作としている。

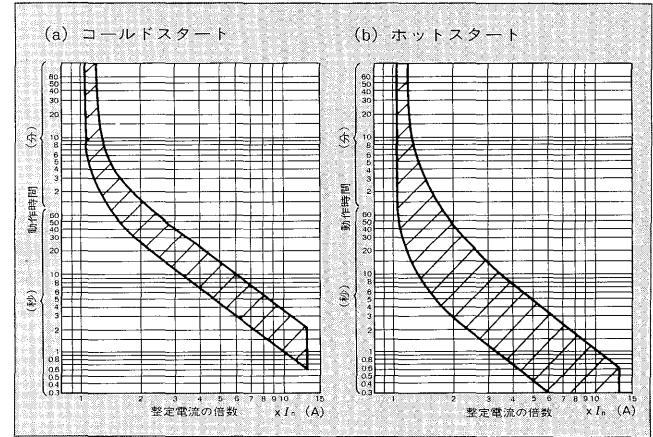
また600% I_n における動作特性は UL 規格に規定のクラ

表 2 補助接点の定格

形 式	定格通電電流 (A)	定格電圧 (V)	定格使用電流 (A)	
			AC11級	DC12級
TR-5-1N	3	24	3(0.3) ※	1.1(0.3) ※
		110	2.5(0.3) ※	0.28(0.28) ※
		220	2(0.3) ※	0.14(0.14) ※
		440	1(0.3) ※	—
		550	1(0.3) ※	—

〈注〉 ※ () 内数値は自動復帰式の場合のa接点定格

図 9 動作特性曲線



ス10（600% I_n 通電時10秒以内で動作）を満足している。

図 9 に動作特性曲線を示し、(a)はコールドスタート特性を、(b)はホットスタート特性を示す。

(2) 過負荷耐量

JEM1356には「整定電流（最大値）の8倍を動作するまでの時間通電し、3 回繰り返した後、機械的・電氣的にいちじるしい異常があってはならない。」と規定されているが、富士電機では整定電流の10倍で試験を行い、特性の変化は少なく、実用上問題ないことを確認している。表 4 に過負荷耐量試験結果を示す。

また、整定電流（最大値）の13倍を通電した場合、補助接点が動作する前にヒートエレメントなど主回路通電部が

表 3 動作特性（規格値）

規 格 名		平衡回路における動作				不平衡回路における動作		周囲温度
		限 界 動 作		過負荷時の動作 (ホットスタート)	拘束時の動作 (コールドスタート)	不 動 作	動 作 (ホットスタート)	
JIS(C 8325)		100% I_n	125% I_n (2時間以内)	200% I_n (4分以内)	600% I_n (2～30秒)	—	—	40℃
JEM (1356)	欠相保護 装置なし	100% I_n	120% I_n (2時間以内)	200% I_n (4分以内)	600% I_n (30秒以内)	100% I_n	{ 2相：132% I_n 1相：0 (2時間以内) 1相：144% I_n 2相：0 (2時間以内)	20℃
	欠相保護 装置付		120% I_n (2時間以内)				{ 2相：100% I_n 1相：90% I_n	
IEC (292)	欠相保護 装置なし	105% I_n	120% I_n (2時間以内)	—	—	105% I_n	{ 2相：132% I_n 1相：0 (2時間以内)	20℃
	欠相保護 装置付						{ 2相：100% I_n 1相：90% I_n	

I_n : 整定電流

表 4 過負荷耐量試験結果

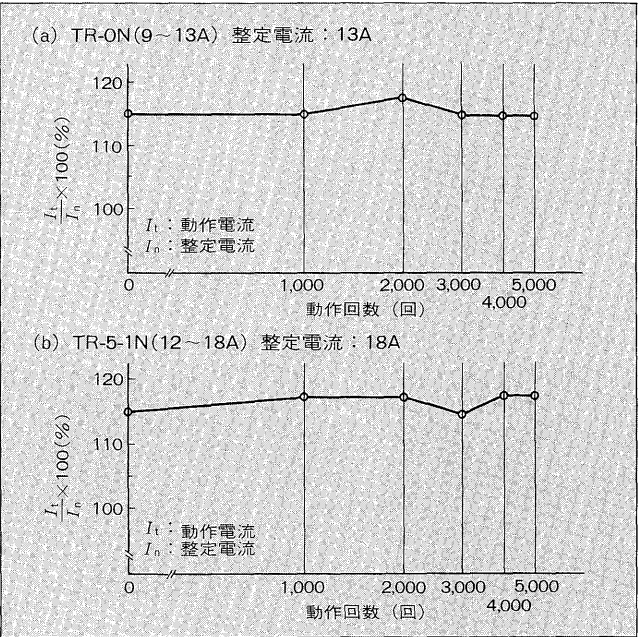
供 試 品		条 件		試 験 結 果			動 作 時 間		
形 式	ヒートエレメント定格 (A)	整定電流 (A)	通電電流 (A)	最小動作電流			200% I_n 動作時間		
				試験前 (% I_n)	3回通電後 (% I_n)	変化率 (%)	試験前 (秒)	3回通電後 (秒)	変化率 (秒)
TR-0N	9~13	13	130	115	117.5	2.5	55	57	3.6
TR-5-1N	12~18	18	180	117.5	120	2.5	50	52	4.0

<注1> 試験条件・方法はJEM1356による。
<注2> 200% I_n 動作時間はコールドスタートで測定した。

表 5 応用機種

名 称	3素子付	遅動形	速動形	2Eサーマルリレー
用 途	より確実な過負荷保護，小容量電動機の欠相保護，輸出機器・装置などに最適	慣性が大きく始動時間の長いブローア，ファン，遠心分離機用電動機の保護に最適	コンプレッサモータ，水中ポンプモータなどの過負荷・拘束・保護に最適	電動機の過負荷及び欠相による焼損保護に最適
形 式 例	TR-0N/3	TR-0NL	TR-0NQ	TK-0N
	TR-5-1N/3	TR-5-1NL	TR-5-1NQ	TK-5-1N

図 10 耐久性試験結果



溶断しないことを確認している。

(3) 耐久性

サーマルリレーは、本来過負荷時の動作だけであり、動作回数は極めて少ないはずである。頻繁に動作するという事は、回路のどこかに故障が生じているか、選定の誤りがあるためである。JEM1356には「1,000回開閉後、実用上支障なく動作できる状態でなければならない。」と規定されているが、富士電機では5,000回まで試験を行い、特性の変化は少なく、実用上問題ないことを確認している。図10に耐久性試験結果を示す。主回路通電電流は整定電流の6倍とし、補助接点が動作するまで通電、動作後復帰するまで

無通電とし、1,000回ごとに動作電流の確認を行った。また、補助接点回路負荷条件は次のとおりとした。

- ・回路電圧：50Hz 220V
- ・閉路/遮断電流：10 I_e （力率0.65）/ I_e （力率0.35）
- ・ I_e ：定格使用電流

上記以外の試験条件・方法は JEM1356による。

④ 応用機種

低圧誘導電動機の過負荷保護装置として、サーマルリレーが広く使用されているが、保護対象となる電動機の始動時間及び熱特性や、保護レベル(過負荷、拘束、欠相など)により適用機種を考慮する必要がある。表5に、標準形(2素子付)以外の応用機種と、その用途例について示す。

⑤ あとがき

以上、高精度・高機能の新小形サーマルリレー TR シリーズについて、特長、構造、定格、性能についての概要を紹介した。この TR シリーズサーマルリレーは、富士電機の多年にわたる豊富な経験と蓄積された技術を織り込んだもので、市場のニーズにマッチした商品であると確信している。今後とも、より一層の向上を図っていく所存であり、御需要家各位の御指導をお願いする次第である。

参考文献

- (1) 吉川闊ほか：富士 2 E サーマルリレー，富士時報，Vol.48，No.12，pp.631-639 (1975)
- (2) 市川治雄ほか：高精度・多機能を誇る電子サーマルリレー，富士時報，Vol.57，No.12，pp.757-762 (1984)



＊本誌に記載されている会社名および製品名は，それぞれの会社が所有する
商標または登録商標である場合があります。