

NEO SC シリーズ 新形サーマルリレー

大上 聡克(おおがみ としかつ)

古畑 幸生(ふるはた ゆきなり)

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。

このなかで、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という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せられることにより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台の電動機の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。

さらに、最近の各種産業用設備は、プログラマブルコントローラ(PLC)の使用により、制御システム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1a1bが独立した構成であること、電子機器への直接入力ができるよう接触信頼性が高い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、多年の経験を基礎に、今回、高精度・高機能の新形サーマルリレー TR シリーズを開発したので、この概要と特長を紹介する。図1に新形サーマルリレーの外観を示す。

2 特長と構造

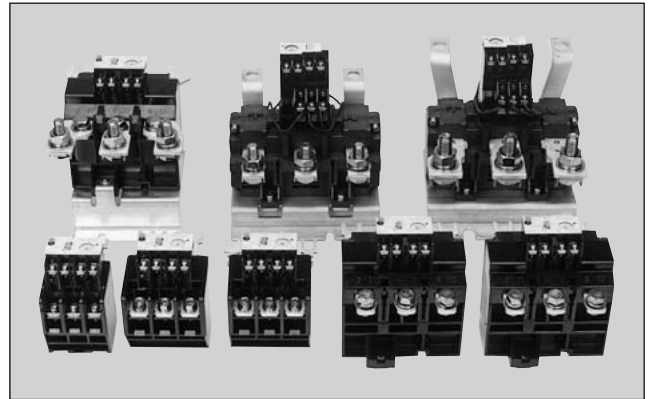
2.1 特長

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

図1 新形サーマルリレーの外観



荷・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き(2Eサーマルリレー:TK-N)が標準形(TR-N)と同一寸法で製作可能である。

(2) 幅寸法の小形化

サーマルリレーの幅寸法が電磁接触器のそれよりも大きくならないよう、幅寸法を縮小したことにより電磁開閉器の小形化が図れ、これにより盤内を整然とさせることができる。

(3) 1a1b 接点付高信頼性補助接点の採用

補助接点は、1a1bの接点構成とし、両接点間には十分な絶縁距離を確保した構造としているため、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、酸化皮膜の生成を防止し、接触信頼性を向上させており、PLC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け

電磁接触器へ組み合わせるための追加部品を不要な構造とし、TR-N2~N7のサーマルリレーはワンタッチにて電磁接触器への取付けを可能にした。また、TR-N8~N12はねじ1か所のみで電磁接触器へ取り付けができる。これにより電磁開閉器としての縦寸法を大幅に低減するこ



大上 聡克

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。



古畑 幸生

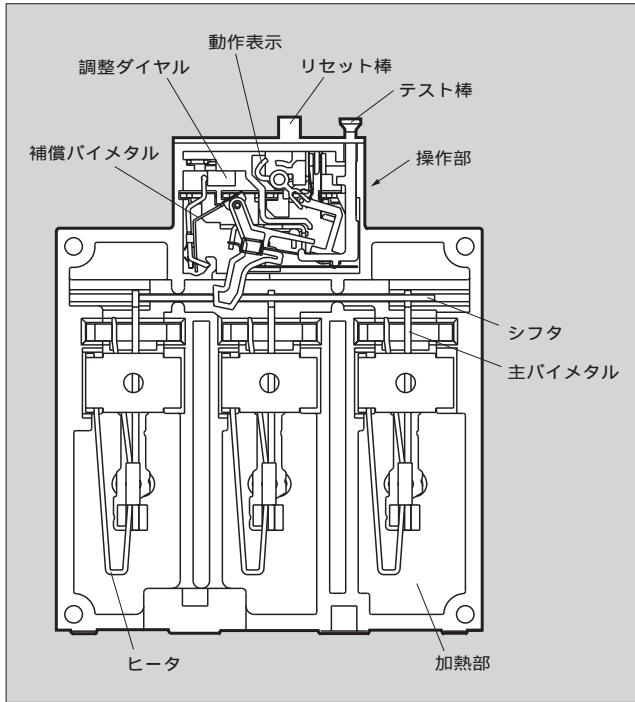
電磁開閉器の設計に従事。現在、吹上工場器具設計部。



千田 文雄

電磁開閉器の開発試験に従事。現在、吹上工場器具設計部。

図2 新形サーマルリレー TR-N6 形の構造



とができるとともに電磁開閉器の製作が容易になる。

(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、形式名称、端子番号などの表示をより見やすくした。さら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

リセット棒が接続電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) リセット方式の切換が可能

リセット方式は、手動-自動の切換形とし、回路変更に容易に対応が可能である。また、不用意に切り換えた場合の事故防止のため、表示カバーの爪を折らないと切換ができないような構造としている。

(8) 手動トリップが可能

テスト棒を引くことにより、容易に手動操作でトリップさせることができる。また、押すとb接点が開くため、停止機能も備えている。

(9) トリップ確認が容易

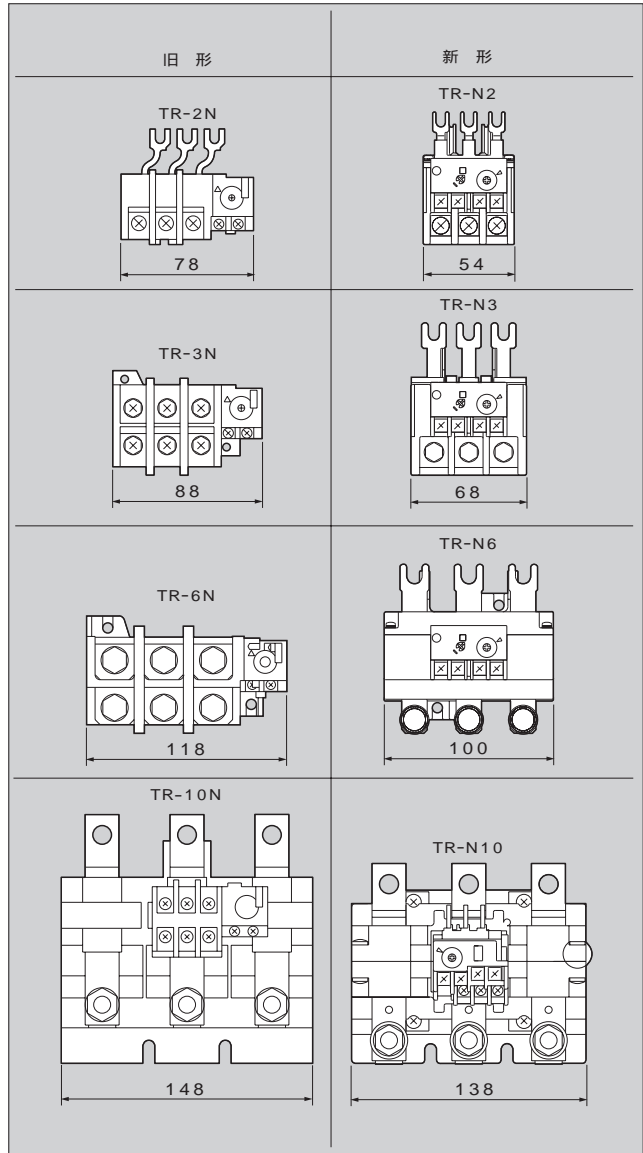
トリップ時は、前面部の小窓に黄色の動作表示が現れるため、トリップ状態の確認が目視により容易にできる。

(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) 端子カバー：IEC60947-1 Annex C による IP20 の感電防止構造とすることができる。
- b) 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。
- (c) 動作表示ランプ：トリップ動作の確認を容易にする。
- (d) リセットリリース：盤表面からリセット操作が遠隔で行える。

図3 幅寸法の新旧比較の代表例



(e) 単独ユニット：サーマルリレーだけを単独設置するユニットで、レール取付けもできる (TR-N2, N3)

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 5.5kW用 TR-N2 から 200V 110kW用 TR-N12 で構成され、四つのフレーム (プラットフォーム)、八つの形式で構成される。図2に新形サーマルリレー TR-N6 の構造を示す。

TR-N6 では組み合わされる電磁接触器 SC-N6 の幅寸法まで縮小する必要がある。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、調整ダイヤル、リセット棒、さら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機構と、電流調整用リンク機構などで構成される操作部を加熱部の上面に配置した。これにより、幅寸法を 100 mm に縮小した。また、同じ構造により TR-N2 では幅寸法 54 mm に、TR-N3 では 68 mm にした。また、TR-N10 は、変流器部のコンパクト

ト化により幅寸法を 138 mm に縮小した。

これらはすべて組み合わされる電磁接触器の幅寸法以下であり、電磁開閉器の小形化が図れた。図 3 に幅寸法の新

図 4 操作部の運動・機構シミュレーション解析図

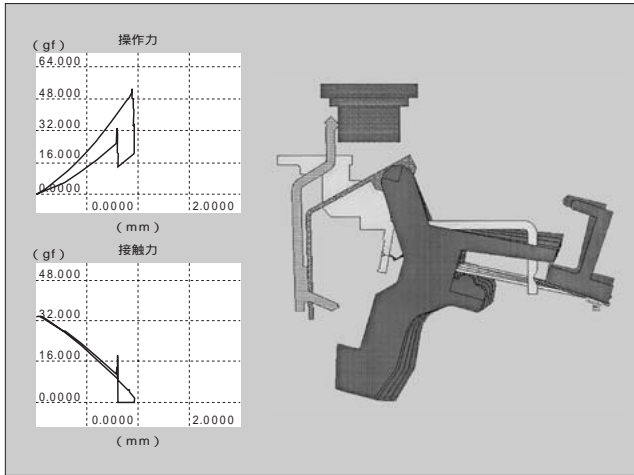


図 5 ヒータの温度解析結果

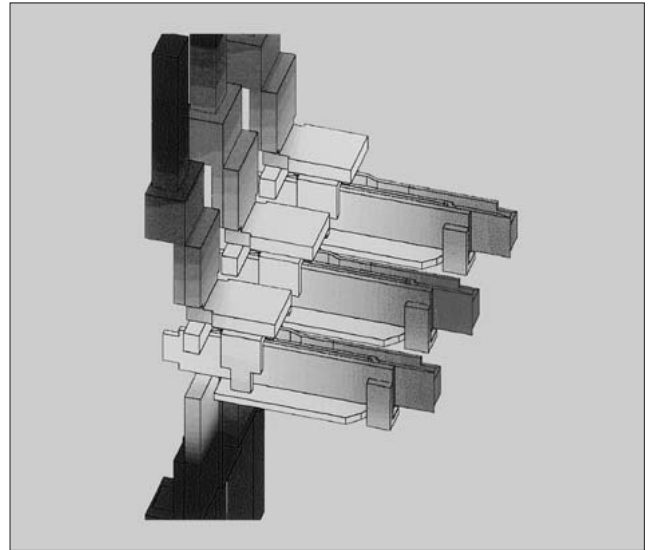


表 1 ヒートエレメント定格の種類

富士標準電動機全負荷電流 I_L (参考)				標準形サーマルリレーの形式 (下段は電磁開閉器) とヒートエレメント定格 (A)										
4P 400 V 50 Hz		4P 200 V 50 Hz		TR-N2 TR-N2/3 TK-N2	TR-N3 TR-N3/3 TK-N3	TR-N5 TR-N5/3 TK-N5	TR-N6 TR-N6/3 TK-N6	TR-N7 TR-N7/3 TK-N7	TR-N8 TR-N8/3 TK-N8	TR-N10 TR-N10/3 TK-N10	TR-N12 TR-N12/3 TK-N12	TR-N14 TR-N14/3 TK-N14		
出力 (kW)	I_L (A)	出力 (kW)	I_L (A)	SW-N1 SW-N2	SW-N2S SW-N3	SW-N4 SW-N4/SE SW-N5	SW-N6	SW-N7	SW-N8	SW-N10	SW-N11 SW-N12	SW-N14		
2.2	4.6			4 ~ 6										
		1.5	6.4	5 ~ 8										
3.7	7.5			6 ~ 9										
		2.2	9.2	7 ~ 11	7 ~ 11									
5.5	11			9 ~ 13	9 ~ 13									
7.5	15	3.7	14.5	12 ~ 18	12 ~ 18									
11	21	5.5	22	18 ~ 26	18 ~ 26	18 ~ 26								
15	28	7.5	29	24 ~ 36	24 ~ 36	24 ~ 36								
18.5	34				28 ~ 40	28 ~ 40								
22	39	11	42		34 ~ 50	34 ~ 50								
30	54	15	55		45 ~ 65	45 ~ 65	45 ~ 65	45 ~ 65						
37	66	18.5	67			53 ~ 80	53 ~ 80	53 ~ 80						
45	80	22	79			65 ~ 95	65 ~ 95	65 ~ 95	65 ~ 95					
55	99	30	107				85 ~ 125	85 ~ 125	85 ~ 125	85 ~ 125				
75	134	37	134					110 ~ 160	110 ~ 160	110 ~ 160	110 ~ 160			
90	160	45	161						125 ~ 185	125 ~ 185	125 ~ 185			
110	192	55	203							160 ~ 240	160 ~ 240			
132	229													
160	278	75	270								200 ~ 300			
200	343	90	320								240 ~ 360	240 ~ 360		
		110	384								300 ~ 450	300 ~ 450		
		132	452											
		160	530									400 ~ 600		

旧比較の代表例を示す。

(2) 小形操作機構部の開発

サーマルリレーの操作部には多くの機能を搭載しているが、幅寸法を小さくするために、コンパクトにする必要がある。そのため電流整定を行う調整リンク機構、周囲温度補償バイメタル、接点部について運動解析モデルを作成し、

適切な配置と接点負荷との整合を図った。

図4に操作部の運動解析モデルの計算例を示す。

(3) 高信頼性補助接点機構

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ときだけ動作する。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ないので運転中に酸化皮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招く。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、DC5V、3mA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。

(4) ヒータ発生熱の高効率化

TR-N2 ~ N8 サーマルリレーはヒータの発生熱によっ

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)	
			AC-15	DC-13
TR-N2 ~ N8	5	24	3 (0.5)*	1.1 (0.5)*
		110	2.5 (0.5)*	0.28 (0.5)*
		220	2 (0.5)*	0.14 (0.5)*
		440	1 (0.5)*	—
		550	0.6 (0.5)*	—

* () 内数値は自動復帰式の場合のa接点定格を示す。

表3 動作特性 (規格値)

I_e : 整定電流

規格名 (制定年)	欠相保護装置	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		限界動作		
		不動作	動作	不動作	動作	
		(コールドスタート)	(ホットスタート)	(コールドスタート)	(ホットスタート)	
IEC 60947-4-1 (1990) JIS C 8201-4-1 (1999 予定)	なし	$105\% I_e$	$120\% I_e$ (2時間以内)	$100\% I_e$	$\begin{cases} 2相: 132\% I_e \\ 1相: 0 (2時間以内) \end{cases}$	20
	付き			$\begin{cases} 2相: 100\% I_e \\ 1相: 90\% I_e \end{cases}$	$\begin{cases} 2相: 115\% I_e \\ 1相: 0 (2時間以内) \end{cases}$	
JEM1356 (1994)	なし	$105\% I_e$	$120\% I_e$ (2時間以内)	$100\% I_e$	$\begin{cases} 2相: 132\% I_e \\ 1相: 0 (2時間以内) \end{cases}$	20
	付き			$\begin{cases} 2相: 100\% I_e \\ 1相: 90\% I_e \end{cases}$	$\begin{cases} 1相: 144\% I_e \\ 2相: 0 (2時間以内) \end{cases}$	
JIS C 8325 (1983)	—	$100\% I_e$	$125\% I_e$ (2時間以内)	—	—	40

注 現在では周囲温度補償付きが一般であるため、そのみ記載し、周囲温度補償なしは省いた。

表4 トリップクラスと動作時間

I_e : 整定電流

規格名	制定年	トリップクラス	平衡回路における動作	
			過負荷時の動作	拘束時の動作
			(ホットスタート)	(コールドスタート)
IEC 60947-4-1	1990	10 A	$150\% I_e$ (2分以内)	$720\% I_e$ (2 ~ 10秒)
		10	$150\% I_e$ (4分以内)	$720\% I_e$ (4 ~ 10秒)
		20	$150\% I_e$ (8分以内)	$720\% I_e$ (6 ~ 20秒)
		30	$150\% I_e$ (12分以内)	$720\% I_e$ (9 ~ 30秒) ^{注1}
JIS C 8201-4-1	1999 (予定)	5	$150\% I_e$ (2分以内)	$720\% I_e$ (5秒以下)
		10 A	$150\% I_e$ (2分以内)	$720\% I_e$ (2 ~ 10秒)
		10	$150\% I_e$ (4分以内)	$720\% I_e$ (4 ~ 10秒)
		20	$150\% I_e$ (8分以内)	$720\% I_e$ (6 ~ 20秒)
JEM1356	1994	30	$150\% I_e$ (12分以内)	$720\% I_e$ (9 ~ 30秒) ^{注1}
		速動	$150\% I_e$ (4分以内)	$720\% I_e$ (5秒以下)
		標準	$150\% I_e$ (8分以内)	$720\% I_e$ (2 ~ 15秒)
		遅動	$150\% I_e$ (12分以内)	$720\% I_e$ (9 ~ 30秒) ^{注2}

注1 30秒を超えるものにあつては、秒単位で製造業者が指定する。

注2 30秒を超えるものにあつては、製造業者が明示する値とする。

図6 動作特性曲線

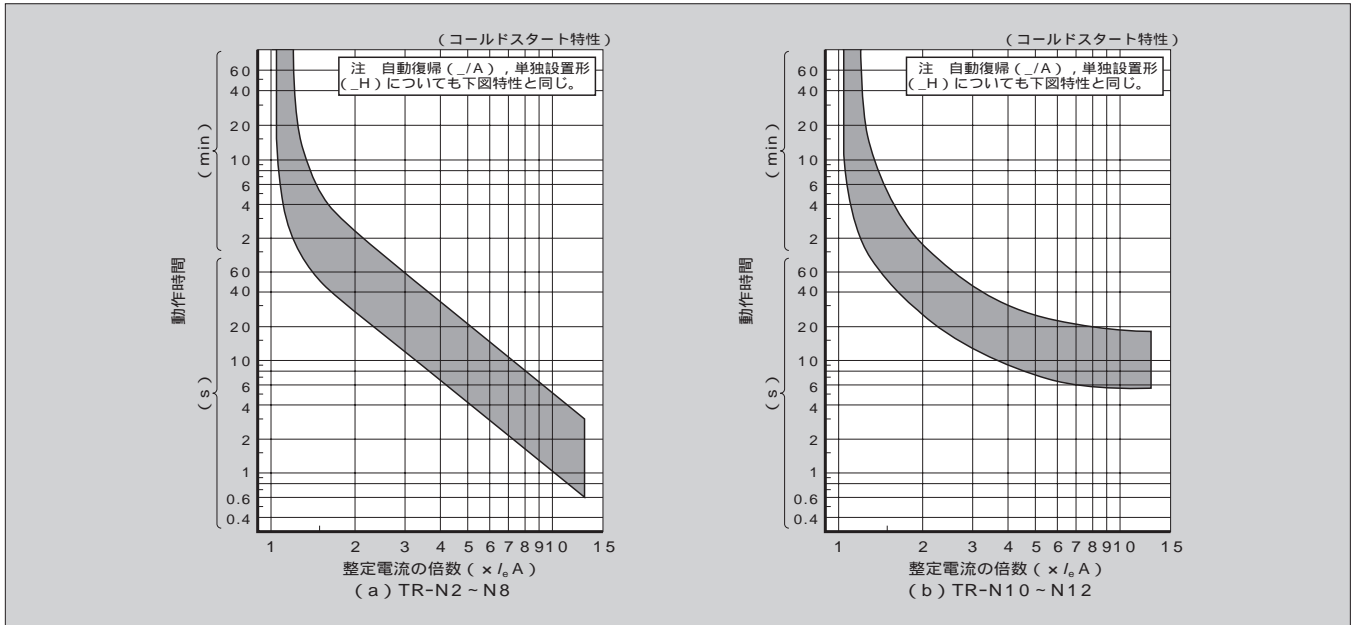


表5 応用機種

名称	3素子付き	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ワ, 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	電動機の過負荷および欠相による焼損保護に最適
形式	TR-N2/3	TR-N2L/3	TR-N2Q	TK-N2
	TR-N3/3	TR-N3L/3	TR-N3Q	TK-N3
	TR-N5/3	TR-N5L/3	TR-N5Q	TK-N5
	TR-N6/3	TR-N6L/3		TK-N6
	TR-N7/3	TR-N7L/3		TK-N7
	TR-N8/3			TK-N8
	TR-N10/3	TR-N10L/3		TK-N10
	TR-N12/3	TR-N12L/3		TK-N12
	TR-N14/3	TR-N14L/3		TK-N14

てバイメタルを湾曲させる構造である。ところでバイメタルは温度変化によって湾曲する場合、支持部に近い方の温度上昇が先端のたわみ量に対する影響が高い。したがって、より効率的なヒータ発生熱を利用するため、ヒータの高温部をバイメタル支持部に近づけることによって、バイメタルの高たわみを発生させ、より高精度なサーマルリレーを製作することが可能になった。図5に三次元温度分布解析の結果の例を示す。

(5) オプションユニットの取付け

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。端子カバー、ダイヤルカバー、動作表示ランプ、リセットリリースはすべてワンタッチで容易に取付け・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に新形サーマルリレーの補助接点定格を示す。

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720% I_n における動作特性, TR-N2 ~ N8とTR-N10, TR-N12はそれぞれIEC規格に整合化されたJISに規定されているクラス10A(720% I_n 通電時2 ~ 10秒以内で動作), クラス20(720% I_n 通電時6 ~ 20秒以内で動作)を満足している(表4)。図6に動作特性曲線(コールドスタート)を示し, (a)はTR-N2 ~ N8, bはTR-N10 ~ N12を表している。

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および熱特性や保護レベル(過負荷, 拘束, 欠相など)

により適用機種を選定する必要がある。表5に、標準形・応用機種とその用途例について示す。なお、新たに制定されたJISではIEC60947シリーズに合わせ、2素子付サーマルリレーについての記載がなくなっている。今後、より欠相保護に対する安全性の確保と、欧米などで主流である2Eサーマルリレー（富士電機製サーマルリレーTK-N）が国内でも主流になると考える。

㊦ あとがき

以上、高精度・高機能の新形サーマルリレー 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。

このサーマルリレー TR シリーズは、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、需要家各位のご指導をお願いする次第である。

参考文献

- (1) 河瀬順洋ほか：三次元有限要素法による熱動形過負荷継電器の電流分布及び熱伝導解析，電気学会全国大会講演論文集，No.1246（1997）
- (2) 秋池勝美ほか：高精度・高機能の新小形サーマルリレー TR シリーズ，富士時報，Vol.61，No.10，p.641-645（1988）

技術論文社外公表一覧

標 題	所 属	氏 名	発 表 機 関
省エネ型モールド変圧器の技術開発	変電システム製作所	門間 幸宏	省エネルギー，51，7（1999） 省エネルギーセンター
油浸絶縁流動系における光学的電界測定と電荷挙動	富士電機総合研究所 "	仲神 芳武 宮本 昌広	電気学会基礎・材料・共通部門論文誌，119-A，6（1999） 電気学会
燃料電池発電の現状とこれから	新事業推進室	鴨下 友義	電気計算，67，8（1999） 電気書院
りん酸形燃料電池の現状と将来	新事業推進室	中島 憲之	産業と電気，No.561（1999） 関西電気協会
ヘッドスペース法を適用した「油入変圧器の油中ガス分析システムの開発」について	変電システム製作所 " "	西山 彰一 三橋 貞臣 和田 元生	月刊電気現場技術，No.6（1999） 電気情報社
IC プラズマによる使用済イオン交換樹脂の減容処理技術	富士電機総合研究所	片桐 源一	動力，No.252（1999） 日本動力協会
Kyser 形インクジェットヘッドの動特性シミュレーション	富士電機総合研究所 "	北出雄二郎 山本 健明	日本機械学会振動・音響新技術シンポジウム（1999-4）
トルク系が遅く慣性比が小さい2慣性系の制振制御	情報制御システム事業部 " "	藤森 晃 西田 英幸 伊藤 伸一 戸高 雄二	計測自動制御学会（SICE）第7回制御技術シンポジウム（1999-5）
上水用凝集コントロールシステムの開発	情報制御システム事業部 " 富士電機総合研究所	細川浩一郎 伊藤 修 大戸時喜雄	全国水道研究発表会（1999-5）
アモルファス太陽電池の最新製造技術	富士電機総合研究所	市川 幸美	表面技術協会 材料機能ドライプロセス研究部会 35回例会（1999-5）
技術報告2章「絶縁性液体の種類と特性」8章「絶縁性液体の環境安全性」	富士電機総合研究所	彦坂 知行	電気学会「絶縁性液体中の高電界現象と機器適用技術」調査専門委員会技術報告（1999-5）
薄膜インダクター体型 DC/DC コンバータ	富士電機総合研究所	中澤 治雄	電気学会マグネティクス研究会（1999-5）
薄膜インダクタによるマイクロ DC-DC コンバータの開発事例	富士電機総合研究所 "	林 善智 鶴頭 政和	日本工業技術センター JIEC セミナー（1999-5）
植物油入変圧器モデルの冷却特性の検討	富士電機総合研究所 変電システム製作所 " 富士電機総合研究所 "	仲神 芳武 川西 敬造 宮 良一 清水留美子 宮本 昌広	電気学会電力・エネルギー部門大会（1999-5）
熱ガス流解析による短絡電流遮断後の絶縁回復特性の推定	富士電機総合研究所 " " 変電システム製作所 "	恩地 俊行 杉山 修一 岩井 弘美 佐藤 賢 堤 睦生	電気学会開閉保護/高電圧合同研究会（1999-6）



*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。