

NH1・NK1形サーキットプロテクタの開発

井上 健 二*1) 宮本 聖*2)

1. はじめに

近年、OA、FA等での高機能な電子機器や装置の複雑化に伴ない、各種機器や装置の過電流保護が重視されてくるようになった。従来の過電流保護として使われてきたヒューズや配線用遮断器に加えて、サーキットプロテクタ（以下、CPと略す）の需要は急速に拡大している。

各種機器の回路保護に対する要求は、安全性、経済性、小型化等の多種多様なニーズが必要とされている。

これらの市場のニーズに応えるため、当社は、流体電磁式と熱動式の2機種の新シリーズを開発した。流体電磁式においては、NRA形シリーズよりひとまわり小型で操作部のデザインを多極ワンハンドルにした小型高性能製品NH1S形CPを開発した。熱動式においては、NRF形シリーズでは定格電流15Aが限度であったが、熱動子のデザインをディスクタイプ・スナップアクション方式を採用したNK1D形CPの開発により定格電流値20Aタイプの生産が可能となった。

以下、NH1S形CP、NK1D形CPの新シリーズについての概要を紹介する。

2. 新シリーズの特長

2.1 NH1S形CPの特長

NH1S形CPは、各種機器の電子回路やOA機器等の機器保護用に開発された高性能回路保護器である。従来のNRA形シリーズよりひとまわり小さく、なおかつ、性能は同等でOA機器に対応可能な多極ワンハンドルタイプとなっている。NH1S形CPの特長を下記の通り示す。

- 1) 従来のNRA形シリーズに比べ、体積比約71%、取付面積比約70%に小型、軽量化。
- 2) 6種類の保護特性、16種類の定格電流値等の豊富な種類を完備。
- 3) 多極形完備（2、3極）、各極ごとに定格電流値や引

外し動作特性、内部回路の選択可能。

- 4) 周囲温度による定格電流値の補正を必要としない流体電磁引外し方式。
- 5) 安全なトリップフリー構造。
- 6) イナーシャディレー（慣性遅延機構）付有り。
- 7) 端子は、ポジティブロックタブ端子に対応可能。
- 8) 補助接点付有り。
- 9) 操作部は多極ワンハンドルタイプ。

2.2 NK1D形CPの特長

NK1D形CPは、ローコスト化を目的とする複写機等のOA分野に対応して開発された過電流保護機器である。NK1D形CPの特長を下記の通り示す。

- 1) 熱動式で、定格AC250V、20A回路の保護が可能。
- 2) 単押ボタンによる操作でトリップ表示の判別が容易。
- 3) 熱動子は、信頼性の高いディスクタイプのスナップアクション方式。
- 4) シンプル構造で、かつ、安全性の高いトリップフリー構造。
- 5) 再用性がありローコスト。
- 6) タブ端子は、ポジティブロックタブ端子に対応可能。

3. 新シリーズの構造

3.1 NH1S形CPの構造

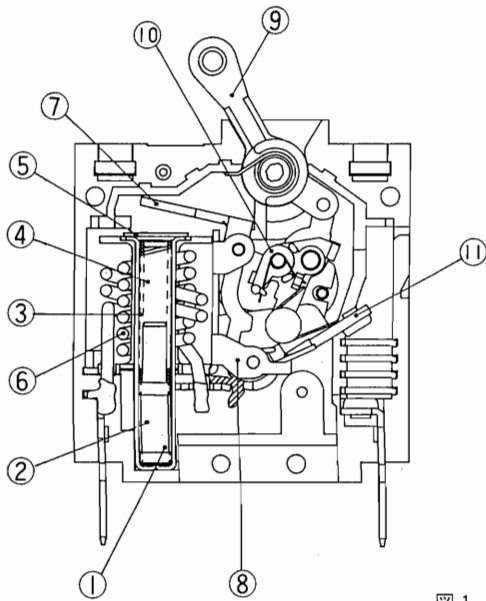
図1にNH1S形CPの内部構造を示す。

NH1S形CPは、流体電磁引外し方式である。NH1S形CPの構造は、大別してコイルキットと引外し機構部キットの2つのキットに分けられる。コイルキットはコイルとオイルダッシュポットによって磁気回路を構成しアーマチュアを吸引する力となる。引外し機構部キットは、カムの噛み合わせによるON・OFF機能と過電流が流れた時に急速遮断を行う機能によってトリップフリー機構を構成している。この2つの機構部キットは、アーマチュアを介して連動され回路遮断器を形成している。

3.1.1 オイルダッシュポット動作素子

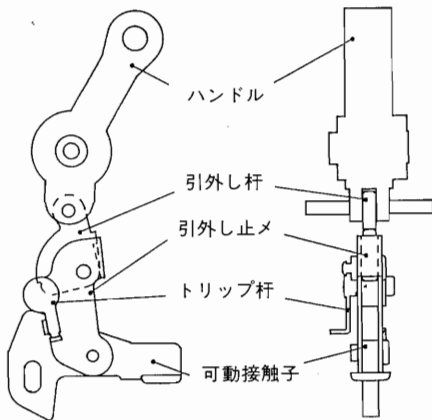
オイルダッシュポット動作素子は、図1に示すように

*1) 第三事業部 設計技術部
*2) 第三事業部 設計技術部

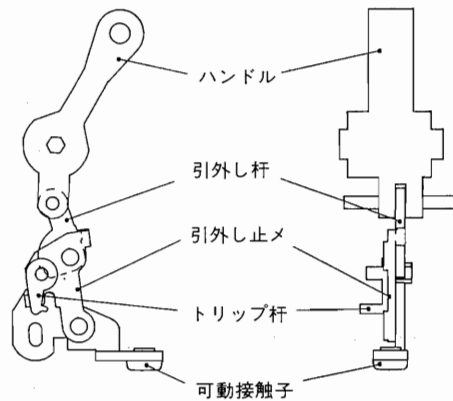


番号	部品名	キット名
①	ポットケース	オイルダッシュポットキット コイルキット
②	プランジャ	
③	プランジャバネ	
④	シリコン油	
⑤	固定鉄心	
⑥	コイル	
⑦	アーマチュア	引外し機構部キット
⑧	ヨーク	
⑨	ハンドル	
⑩	引外し機構部	
⑪	可動接触子	

図1. NH1S形CP内部構造



NRA形シリーズ引外し機構部キット



NH1S形シリーズ引外し機構部キット

図2. 引外し機構部キットの比較

コイルの中心に黄銅等の非磁性体の筒シリンダがあり、その中に可動のプランジャ、および、スプリングを配し、その内部をシリコン油で充満し封入した構造のものである。

コイルに電流が流れると、オイルダッシュポット内のプランジャが吸引力によってプランジャバネの荷重に打ち勝つと、プランジャは次第に固定鉄心に向かって移動する。それにより、アーマチュアと固定鉄心間の空隙の磁束は次第に大きくなり、プランジャが固定鉄心に接極するとき最大となる。アーマチュアが引きつけられる電磁力に達すると、吸引動作を開始する。そして、それに掛合している引外し機構部を動かして接点を開いて遮断される。CPの動作時間は、このプランジャの移動時間に依存する。移動時間は、次式で表わされる運動方程式を解くことによって求められる。

$$\underbrace{m \frac{d^2x}{dt^2}}_{\text{加速度による力}} + \underbrace{\lambda \frac{dx}{dt}}_{\text{粘性抵抗}} + \underbrace{kx + f_0}_{\text{プランジャの荷重}} = \underbrace{F_i(x, t)}_{\text{コイル吸引力}}$$

- x ; プランジャの移動量
- t ; 時間
- m ; 荷重
- λ ; 粘性係数
- k ; バネ定数
- f₀ ; バネ第1荷重
- F_i ; コイル吸引力

3.1.2 自動化指向の引外し機構部キット

図2にNRA形シリーズとNH1S形CPの引外し機構部キットの違いを示す。引外し機構部キットは、おもに、引外し杆、トリップ杆、引外し止めから構成される

引外し機構部とハンドル、可動接触子とで構成されている。NRA形シリーズの引外し機構部は、U字形にプレス加工された引外し止めの中央部に、引外し杆、および、プレス部品と切削部品をカシメ加工にて組合わせた、トリップ杆の2部品をはさみ込む構造となっている。これに対し、NH1S形CPは、引外し機構部の引外し止め、引外し杆、トリップ杆の3部品を全て金属モールドにて実現したことにより、次の点にメリットが得られた。

1) トリップ杆は、NRA形シリーズの場合、2部品のカシメ加工による組合せであるのに対し、NH1S形CPは、金属モールドの一体物であるため、部品点数、および、工数の削減によるコストダウン効果がある。また、NRA形シリーズのトリップ杆は、カシメ加工であるため、引外し角度（引外し動作を行うまでに、トリップ杆が回転する角度）に影響するトリップ杆形状の安定化が困難であったが、NH1S形CPは、成形時に形状が決定するため、品質も安定する。

2) NRA形シリーズは、U字形の引外し止めに機構部品、軸となるピン、および、バネを3次元的に組み入れるため、作業者の手作業に頼らなければならず、また、作業者自体も大変熟練度を要した。しかし、NH1S形CPは、平板形状の引外し止めに各部品を重ねあわせる組立方式であり、バネは機構部が組みあがった後に、簡単に取付けることが出来るため、作業が容易であり、自動化対応の構造である。

3.1.3 多品種少量生産への対応

サーキットプロテクタの場合、各機器、各回路毎に、特性が異なっている為、どうしても、多品種少量生産への対応が必要となる。図1で示すように、NH1S形CPは、以上のことを考え、コイルキットと引外し機構部キットが分化されている。生産時、最終工程でこの2つのキットを結合すればよい構造となっている。引外し機構部キットとコイルキットは別々に生産出来るため、生産能率の向上につながり、短納期で生産出来るようになる。

3.1.4 引外し機構部

NH1S形CPの引外し機構部は、以下の点に留意して設計された。

- 図3にON・OFF時の引外し機構部配置図を示す。
- 1) 定格しゃ断電流1000Aを遮断するための接点開離力、接点圧力、接点距離を十分に確保する。
- 2) 直流(DC)、交流(AC)共用化のために定められたコイルキット部の吸引力に対して、安定した引外し動作を保障する引外し荷重の設定。
- 3) 振動、衝撃に強い製品。

これらの要素は、引外し機構部を構成する各部品、バ

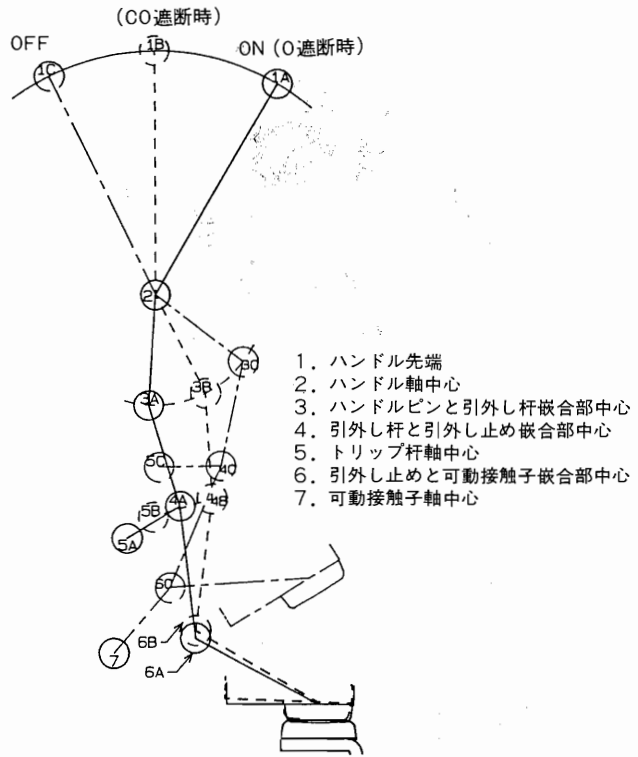
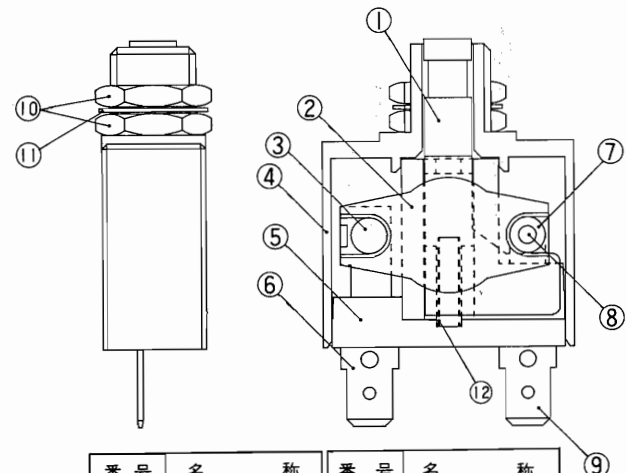


図3. NH1S形CP引外し機構部配置図



番号	名称	番号	名称
1	作動ボタン	7	固定接点
2	熱動子	8	可動接点
3	リベット	9	固定端子
4	ケース	10	六角ナット
5	ベース	11	内歯座金
6	バイメタル端子	12	復帰バネ

図4. NK1D形CP内部構造

ネなどの形状配置に起因する。最終的に図3に示す引外し機構部の配置どうり接点圧力、接点開離力とも十分な数値が確保出来た。そして、引外し荷重とコイル部の吸引力特性においても最適なものとなった。

3.2 NK1D形CPの構造

図4にNK1D形CPの内部構造を示す。

NK1D形CPは、熱動引外し方式である。ディスクタイプの熱動子が、過電流や短絡電流によって発熱し、スナップアクション動作を行い、接点を開く。その時、作動ボタンが復帰バネの力によって接点間を完全に遮断するものである。

3.2.1 動作原理

動作原理の説明の前に熱動子の材質について紹介する。NK1D形CPの場合、10Aタイプは、バイメタル(二層式)を使用。18A, 20Aタイプは、定格電流が高いため、抵抗の低い材質を使用する必要がある。そのために、バイメタルの中間にCuを介して抵抗を低くしたトリメタル(三層式)を使用している。(以下、熱動子の材質は、バイメタルに統一して記す。)

バイメタルの基本動作原理を図5に示す。

以下、動作原理について説明する。熱膨張率の異なる2種の真直ぐな金属板があり、温度 $T_1^{\circ}\text{C}$ で長さが等しいものとする。これに電流を流して抵抗による自己発熱、あるいは、外部からの熱により、温度が $T_2^{\circ}\text{C}$ に上昇したとする。接合していない場合には、それぞれの金属板の個々の熱膨張率により各々 $\Delta l_1, \Delta l_2$ の熱膨張を示すが、接合状態の場合は、熱膨張率の差($\Delta l_1 < \Delta l_2$)により全体が一様な曲率でわん曲する結果となる。

3.2.2 バイメタル動作計算式

バイメタルは、熱エネルギーを機械的運動と力に変換するものである。その作動には、熱源が必要である。NK1D形CPの場合は、バイメタルに直接電流を流して、そのジュール熱を利用して作動させる直熱式を使用している。ゆえに、バイメタルの体積抵抗率が定格電流値設定の重要なポイントになる。

バイメタルに電流を流した場合の発熱量は、概略次式によって計算できる。

$$H = \frac{I^2 R t}{4.18} \dots\dots\dots(1)$$

$$\left[R = \text{体積抵抗率} \times \frac{\text{長さ}}{\text{断面積}} \right]$$

- 但し H; 熱量(c a l)
 I; 電流(A)
 R; 抵抗(Ω)
 t; 時間(s e c)

熱損失がないものとするばバイメタルの温度上昇は次式で表わされる。

$$\Delta T = \frac{H}{MS} \dots\dots\dots(2)$$

(2) 式を (1) 式に代入して

$$\Delta T = \frac{0.24 I^2 R T}{MS} \dots\dots\dots(3)$$

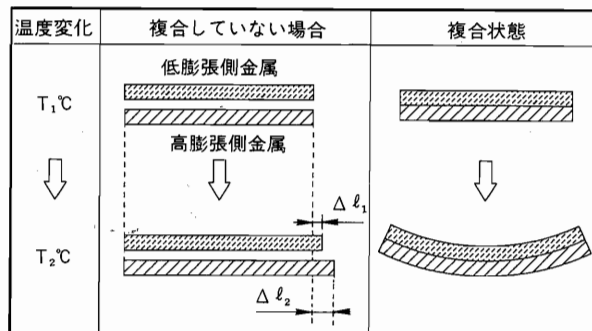


図5. バイメタル基本動作原理

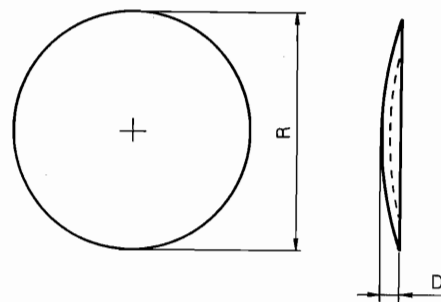


図6. ジャンピングディスク

- 但し ΔT ; 温度上昇($^{\circ}\text{C}$)
 M; 質量(g r)
 S; 比熱(c a l/g r/ $^{\circ}\text{C}$)
 (S; バイメタルの比熱=0.12 (c a l/g r/ $^{\circ}\text{C}$))
 となる。

以上の温度上昇を利用して動作を行う。

NK1D形CPの場合ジャンピングディスクを使用したものである。ジャンピングディスクとは、バイメタルを円板に打抜きそれを皿状に加工したものである。

一般的な使われ方では、温度の変化に比例して接点間が徐々に開閉するのに対して、ジャンピングディスクの場合は、ある一定の温度に達すると、急速に反転、または、復帰して瞬時にして回路の開閉を行う。図6のジャンピングディスクは、バイメタルのわん曲係数、ヤング率、成形条件が微妙に影響し合うため、バイメタル応用技術の中でも最高度の技術と精密さを要求されるものである。

このジャンピングディスクの動作計算式を次式に示す。

$$D = \frac{KR^2(T_2 - T_1)}{4t} \dots\dots\dots(4)$$

$$P = KE(T_2 - T_1)t^2 \dots\dots\dots(5)$$

$$S = \frac{3P}{2\pi t^2} \left[0.7 - \frac{2.6}{1 - \alpha} \log_{10} \alpha \right] \dots\dots\dots(6)$$

(ディスクタイプのため $\alpha = 0$)

表1. NH1S形CPの仕様

操作方式	レバータイプ
保護方式	流体電磁引外し方式
内部回路	シリーズトリップ(電流引外し) シリーズトリップ・補助接点付 シャントトリップ(電流引外し) シャントトリップ(電圧引外し) リレートリップ(電流引外し) リレートリップ(電圧引外し)
極数	1極、2極、3極
最大使用回路電圧	AC250V 50/60Hz、DC65V
定格電流	電流引外し形：0.05A、0.1A、0.25A、0.5A、0.75A、1A、2A、2.5A、3A、5A、7.5A、10A、15A、20A、25A、30A (ただし、シャントトリップは10A以下用、リレートリップは1A以下用のみ) 電圧引外し形：30A max.
引外し電圧 (電圧引外し形)	定格電圧：AC100V、200V 50/60Hz DC6V、12V、24V、48V 最大印加時間：1sec.以内
定格しゃ断容量	AC250V 50/60Hz 1000A、DC65V 1000A(UL・CSA・VDE定格) AC220V 50/60Hz 1000A(▽)
補助接点	1cマイクロスイッチ AC250V 3A(UL・CSA定格)〔抵抗負荷〕 AC125V 0.6A(VDE定格)〔抵抗負荷〕
基準周囲温度	+25℃
使用温度範囲	-40~+85℃で動作(ただし、氷結しないこと)
絶縁抵抗	100MΩ以上(DC500Vメガにて)
耐電圧	操作部と充電部間、主接点開路時の端子間、異極充電部間：AC3750V・1分間 リレートリップ端子と主端子間：AC1500V・1分間 補助接点開路時の端子間：AC 600V・1分間
耐振動	100m/s ² (10~100Hz)(約10G)
耐衝撃	1000m/s ² (約100G)
開閉寿命	10000回以上(6回/分)
端子形状	主端子：タブ250形端子(ねじ止め配線用アダプタの使用でM3.5ねじ端子に変換可能) 補助端子：タブ187形端子 補助接点：タブ110形端子
重量	1極形/約45g、2極形/約90g、3極形/約135g

- 但し E ; 弾性係数(kgf/m²)
 S ; 内応力(kgf/m²)
 K ; 湾曲常数(1/℃)
 T₂ ; 反転温度(℃)
 T₁ ; 成形温度(℃)
 D ; 成形高さ(mm)
 R ; ディスク直径(mm)
 P ; 荷重(kgf)
 t ; バイメタル厚さ(mm)
 H ; ワッシャ穴径(ディスクタイプH=0)
 $\alpha ; \frac{H}{R}$

(4), (5), (6)式を用いて, D, P, Sが算出される。

4. 性能

4.1 NH1S形CPの性能

NH1S形CPの仕様については表1に示す。
 外形図, および内部回路は図7, 図9に示す。

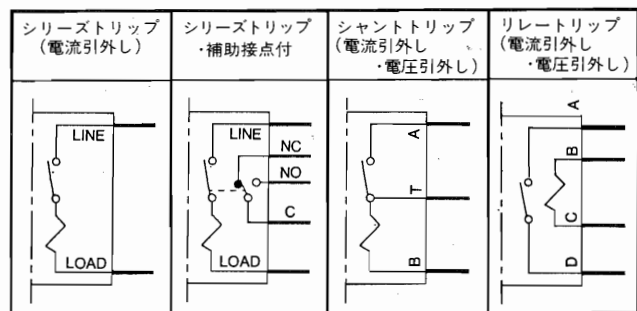


図7. NH1S形CP内部回路

4.1.1 引外し動作特性

NH1S形CPの引外し動作特性を図8に示す。

NH1S形CPの引外し動作特性は, 低速形にMとA特性, 中速形にB特性, 高速形にC, E, S特性の6種類がある。以下に各特性の説明を示す。

1) 半導体回路の保護に適した高速遮断形

C, E, S特性(高速遮断)に属する製品は, 過電流に対する応答時間が極めて早く, 半導体素子のように過負荷耐量の小さな素子を適確に保護する。

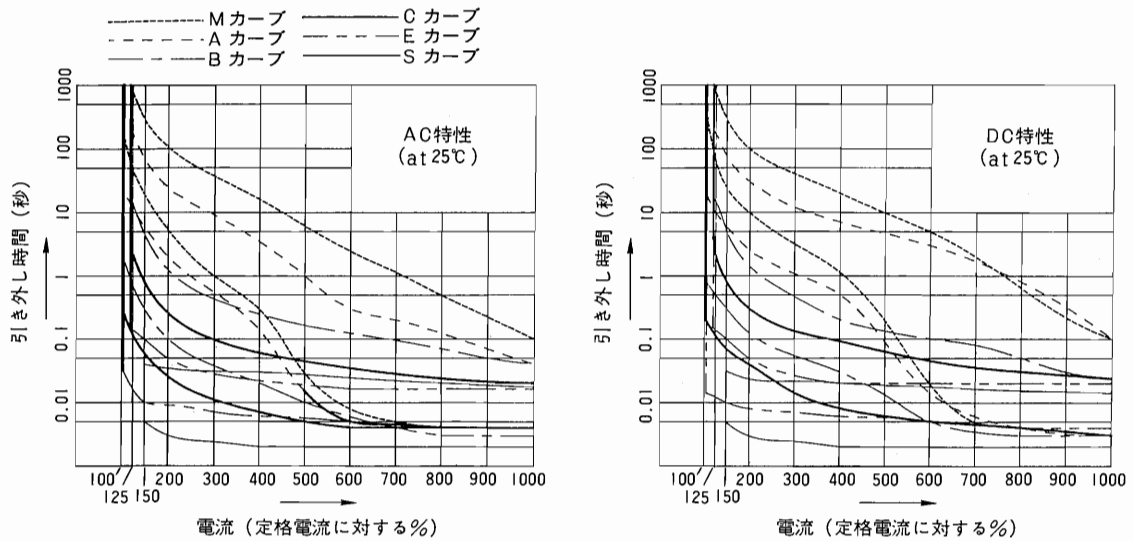


図8. NH1S形CP引外し動作特性

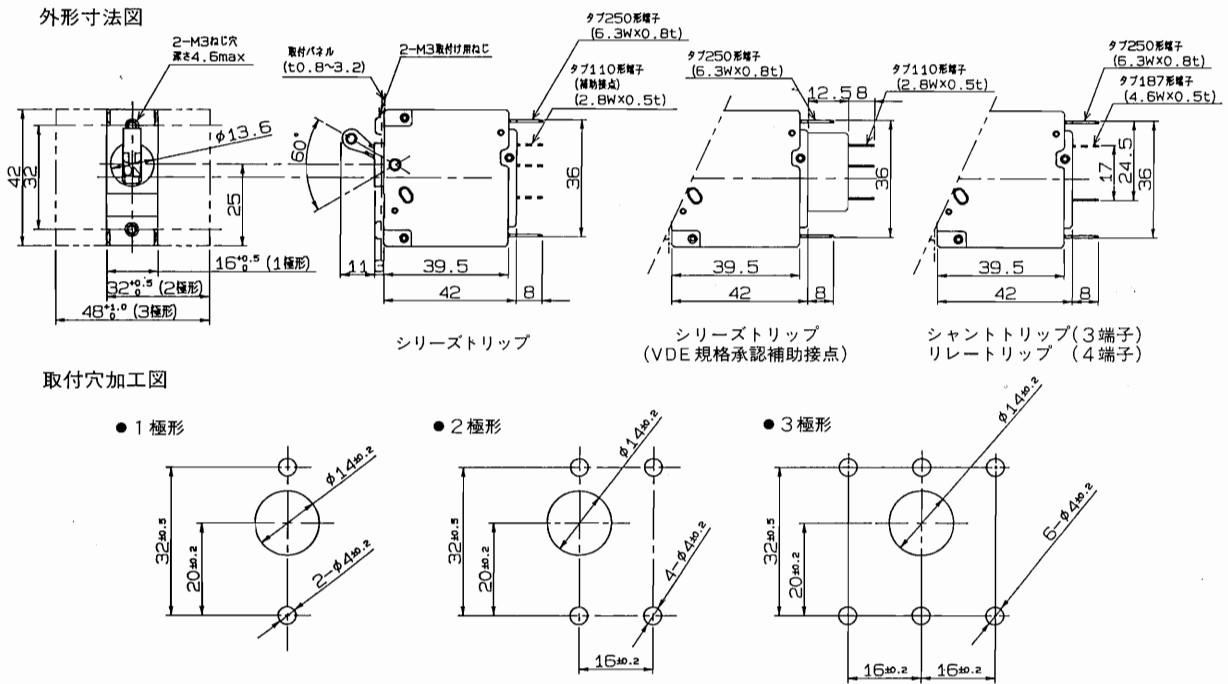


図9. NH1S形CP外形寸法図

2) 突入 (起動) 電流の大きな機器の保護ができる中および低速遮断形

M, A特性 (低速遮断), B特性 (中速遮断) に属するものは、電磁式動作素子に特殊な遅延機構を設け、長い時延特性が得られるようになっている。したがって、ソレノイド、小型モータ、小型トランスなど突入 (起動) 電流の大きな機器に対しても、その突入 (起動) 電流で誤動作することなく、過電流の持続、短絡などに対しても適確な保護を行う。図10にNH1S形CPの引外し動作特性例を示す。

4.1.2 短絡遮断容量

NH1S形CPは、電気用品取締法において、甲種電気用品の配線用遮断器に該当する。これにもとづいて、以下の条件で、図11の回路にて短絡遮断試験を行った。この時の試験データを図12に示す。

試験条件

- (1)電源電圧；AC220V (60Hz)
- (2)規約短絡電流 (実効値)；1000A
- (3)力率；0.75 (投入後7サイクル後)

サンプル定格電流値；30A

図12より0遮断時は1099 (A) で9.5 (ms), CO遮断時

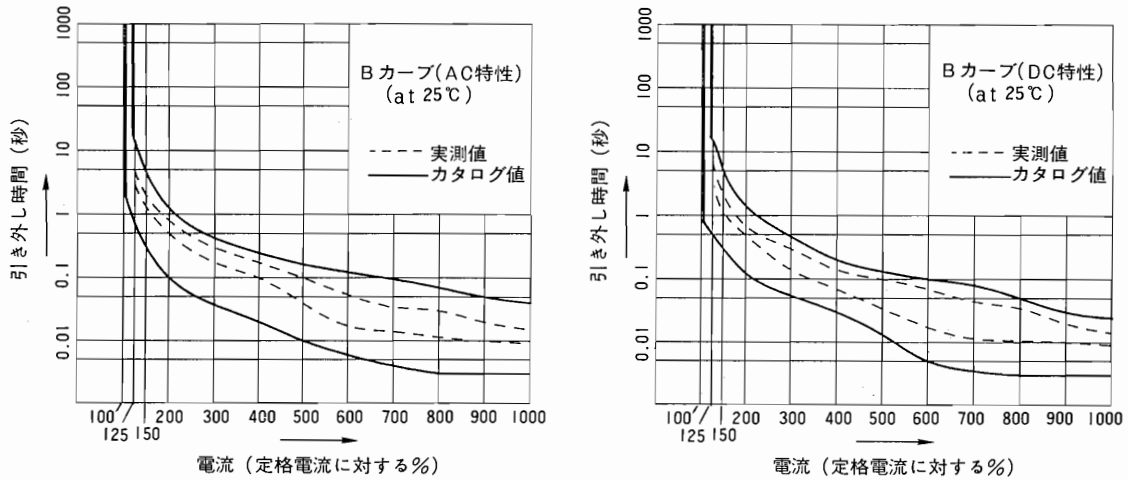


図10. NH1S形CP引外し動作特性試験データ

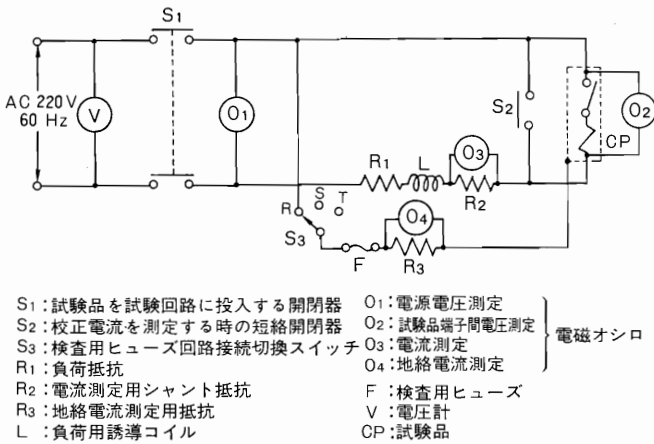


図11. NH1S形CPの短絡遮断試験回路

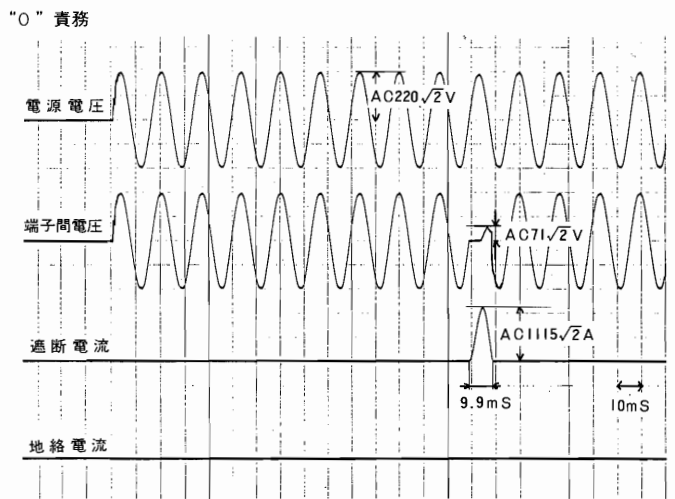
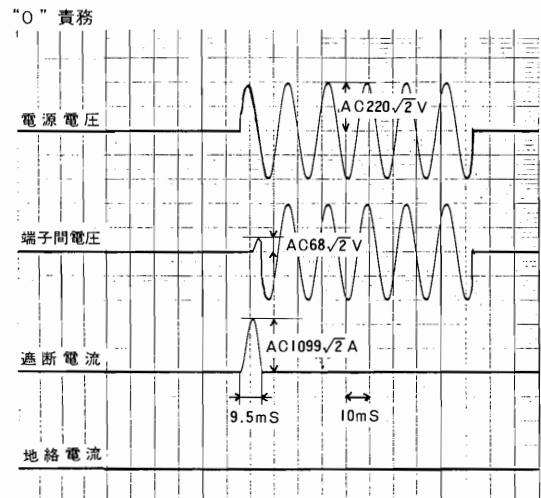


図12. NH1S形CPの短絡遮断試験データ

は1115 (A) で9.9 (ms) にて遮断しており十分に性能を満足していることがわかる。

4.2 NK1D形CPの性能

NK1D形CPの仕様は表2に示す。

外形図、および、内部回路は図13、図15に示す。

4.2.1 引外し動作特性

NK1D形CPの引外し動作特性を図14に示す。

NK1D形CPの引外し動作特性の特徴は熱動引外し方式(バイメタル式)な為、ヒューズのように瞬時突入電流の繰り返し劣化による誤動作が生じない。

ソレノイドの様な回路での突入電流の大きい回路や多発回路等において、的確な過負荷保護を行うことが可能な動作特性である。NK1D形CPの引外し動作特性例を図16に示す。

4.2.2 短絡遮断容量

NK1D形CPは、UL1077, CSA, TÜV規格に

準拠し以下の条件で短絡試験を行った。図17に短絡遮断試験回路を示す。

試験条件

- 電源電圧; AC250V (60Hz)
- 規約短絡電流 (実効値);
- 定格×1000%電流 200A

表2. NK1D形CPの仕様

保護方式	熱動引外し方式
内部回路	シーズトリップ
極数	1極
最大使用回路電圧	DC65V、AC250V(ただし、min. AC/DC24V以上)
定格電流	10A、18A、20A (tuv規格承認品は10Aのみ)
定格しゃ断容量	定格電流×10倍
基準周囲温度	25℃
使用周囲温度	-10~+60℃(ただし氷結しないこと)※1
引外し時間(at25℃)	● 定格電流でNO TRIP ● 定格電流の145%通電時、1時間以内
リセット時間	60秒以上、3分以内(at25℃) ※2
耐振動	100m/s ² (10~55Hz)(約10G)
耐衝撃	500m/s ² (約50G)
寿命	200回以上(AC250V)、定格電流の200%TRIP時 50回以上(DC65V)、UL1077
絶縁抵抗	100MΩ以上(DC500Vメガにて)
耐電圧	AC3000V・1分間
端子形状	タブ250形端子
重量	約20g

※1. 定格電流は基準周囲温度25℃のときの値です。使用周囲温度により定格電流は変化しますので、温度補正曲線により定格を補正のうえご使用ください。
 ※2. 引外し時の周囲温度は+60℃まで可能ですがリセット時は+40℃以下にしないとリセットしない場合があります。

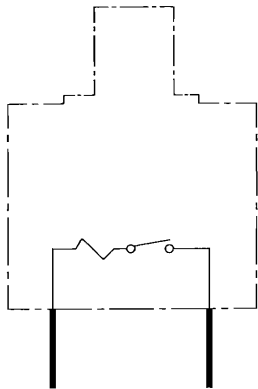


図13. NK1D形CP内部回路

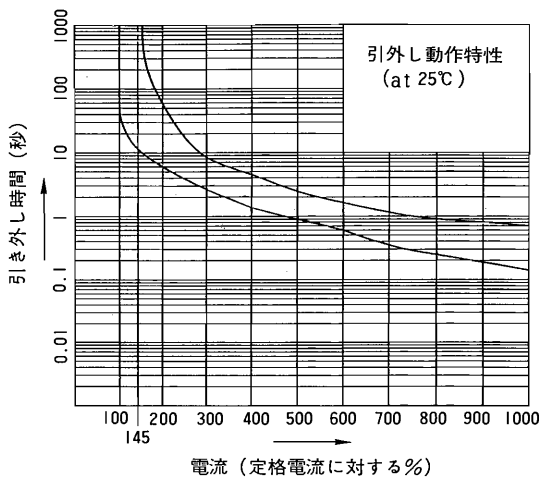


図14. NK1D形CP引外し動作特性

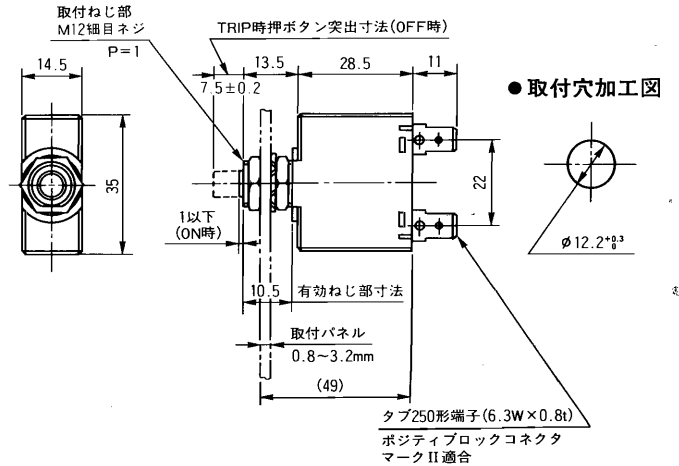


図15. NK1D形CPの外形寸法図

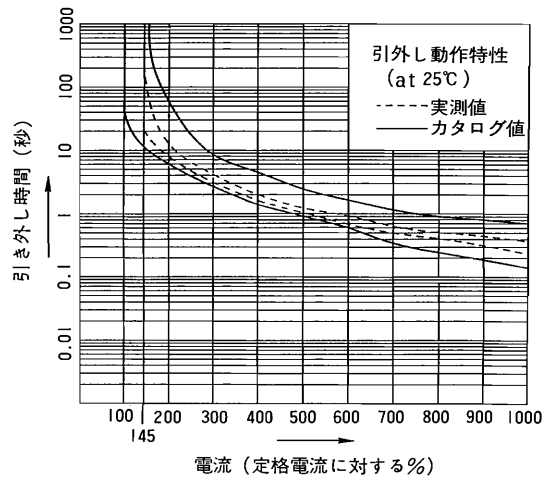
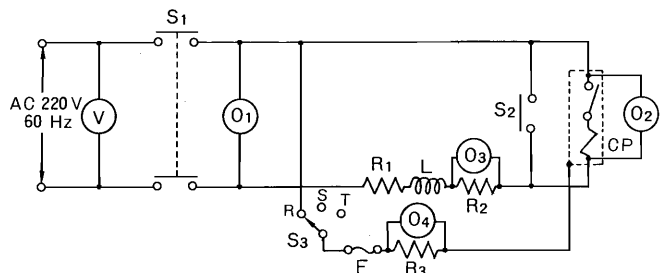


図16. NK1D形CP引外し動作特性試験データ



- S1: 試験品を試験回路に投入する開閉器
- S2: 校正電流を測定する時の短絡開閉器
- S3: 検査用ヒューズ回路接続切換スイッチ
- R1: 負荷抵抗
- R2: 電流測定用シャント抵抗
- R3: 地絡電流測定用抵抗
- L: 負荷用誘導コイル
- O1: 電源電圧測定
- O2: 試験品端子間電圧測定
- O3: 電流測定
- O4: 地絡電流測定
- F: 検査用ヒューズ
- V: 電圧計
- CP: 試験品

図17. NK1D形CPの短絡遮断試験回路

力率; 1.0 (投入後8サイクル後)
 サンプル定格電流値; 20A

図18に短絡試験データを示す。図18よりO遮断を3回行った結果、全て、0.7(sec)以下にて遮断しており、十分に性能を満足していることがわかる。

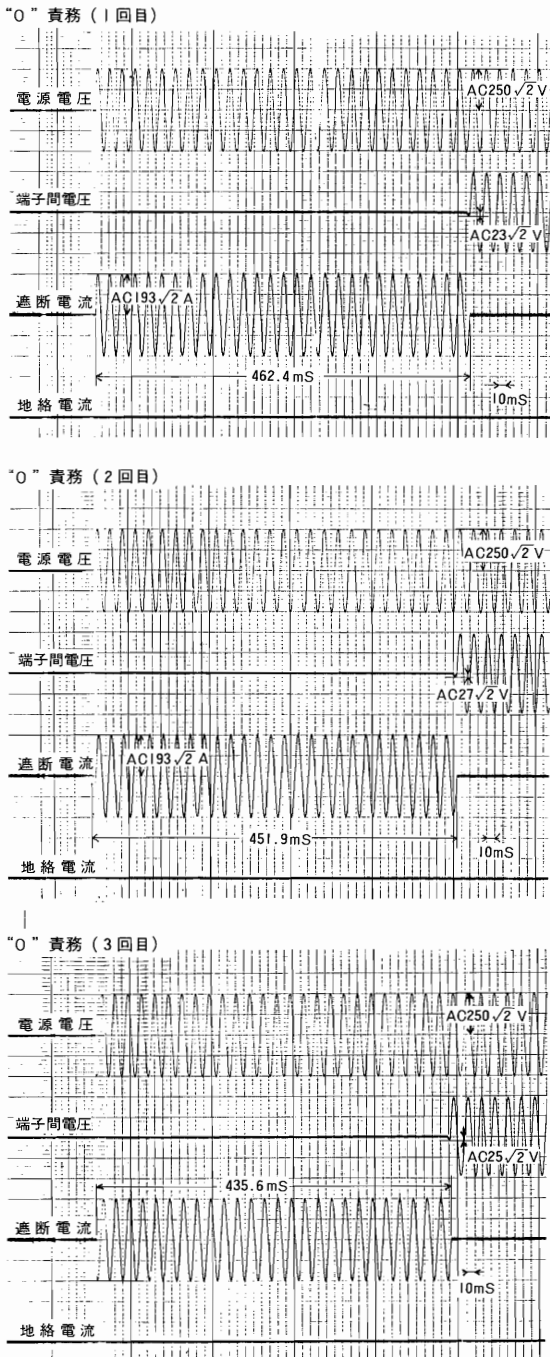


図18. NK1D形CPの短絡遮断試験データ

4.2.3 温度上昇試験

図19にサーモビュアによる温度上昇試験データを示す。

NK1D形CPは、バイメタルの温度上昇により動作するものである。ゆえに、バイメタル全体が、3.2.2の(3)式の計算通り温度が上昇するのが理想だが、端子や接点部等の接触面による抵抗での温度上昇があるため、均等には上昇しない。そして、前記の逆の作用として、バイメタルで発熱された熱が、同じ接触面やバイメタル自身からも放熱を行う。NK1D形CPは、バイメタルの形状が重要なポイントで成形には高度な技術が必要だが、

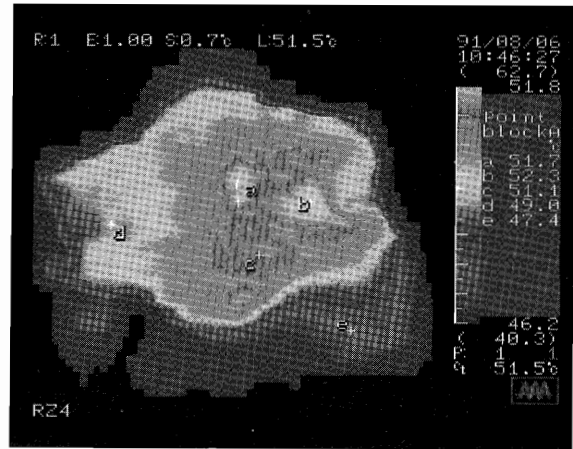


図19. 温度上昇試験データ

接触面の温度上昇が大きく影響するため、組立上の管理も重要なポイントの1つである。ゆえに、以上の結果をふまえた設計が必要である。

5. おわりに

近年、CPは、小型、軽量化は当然の如く要求されてきている。そして、現在では、高性能でさらにローコストな製品が市場に登場してきた。これら高性能で小型化が促進されることによりコンピュータ、OA機器、通信機などの産業分野に加え民生機器分野にも進出してきている。CPが、民生機器分野に使用され出したことにより、差別化した設計デザインが設計者に要求されるようになってきた。民生機器分野では、特に、安全面が重視され、機器保護だけでなく最終ユーザーの安全面を考慮したCPの開発の必要性も出てきた。

安全性の高い保護機器が必要とされている現在、CPは、今まで以上に重視されていくと思われる。

今後も、市場のニーズにマッチした製品やユニークな製品開発を進めていきたい。最後に新シリーズの商品化にあたり、関係各部署の御指導・御協力に感謝を致します。

参考文献

- (1) 社団法人 日本電気協会 電気用品取締関係法令集
- (2) UL1077 Supplementary protector for in electrical equipment (1981)
- (3) 日立電線株式会社 サーモスタットメタルカタログ
- (4) 住友特殊金属株式会社 バイメタルカタログ
- (5) 富士金属株式会社 バイメタル及びサーモスタットについて (資料)