過電流継電器（OCR）の保護協調線図を活用した整定と試験の実際

受電設備用 OCR の整定、JW-CAD による協調線図作成による検討、試験の方法

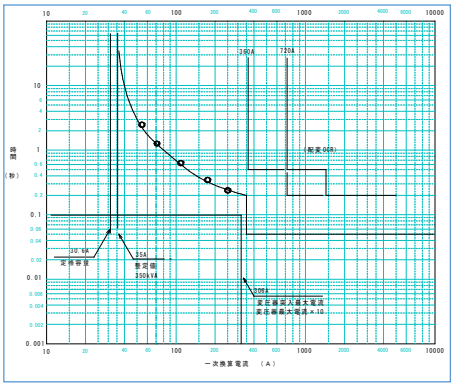
VCB・LBS・MCCB 等の各種設備の事故現象を考える保護システムとしての検討、及び構造概要

技術士（電気電子・総合技術監理）　増永秀人

（2025/5/24）

１．保護協調の考え方

２．整定値の算定



2-1. 限時要素（過負荷保護）

2-1-1）最小動作電流

2-1-2）限時特性とタイムダイアル（TD）値

2-1-3）協調線図書込みによる検討

2-2. 瞬時要素 （短絡保護）

2-2-1）瞬時動作電流

2-2-2）瞬時動作時限

2-1-3）協調線図書込みによる検討

2-3. 整定による OCR 動作特性の変化

2-4. 試験結果例

2-5. 小容量受電設備の整定

2-6. 直列 OCR の整定（自所内での協調）

３．試験の実際

3-1. 試験手順

3-1-1）　事前調査

3-1-2）　本体設定　（限時特性・瞬時段特性・整定値）

3-1-3）　VCB 引き外し電源

①　電圧引外し用コンデンサトリップデバイス（CTD）

②　電流引外し用補助継電器箱（並列 GR 用補助箱）

3-1-4）　試験電流の入力

④　試験回路　　②テスト端子（TT）入力　　③テストプラグ入力

④ その他の入力方法　　⑤　入力の確認

3-1-5）　単体試験と組合せ試験

①　OCR 単体試験

②　VCB 組合せ試験（VCB 動作不安定、時限が長くなる？）

3-1-6）試験用電源

①　他電源（試験用ポータブル電源）　②　自電源（B 種接地の影響）

③　工事用仮設電源

3-2. 動作特性試験（電力使用申込書記載事項の確認）

3-2-1）最少動作電流（短絡感度）

3-2-2）限時特性

3-2-3）瞬時動作電流

3-2-4）瞬時時限（事故除去時間 0.1sec　2 段特性と 3 段特性）

3-2-5）VCB 動作時間推定

3-3. その他

3-3-1）レバー10 の試験

3-3-2）試験機の電流設定方法

3-3-3）異常に備えた試験操作

3-3-4）蓄勢型 VCB（手動及び電動機蓄勢）

４．関連事項

4-1. CT 過電流定数（n 値）

4-2. 配電変電所 OCR との協調　・アナログ型　・デジタル 3 段型

4-3. 短絡事故時の動作（PF、低圧 MCCB を含む受電システムとしての考え方）

4-3-1）高圧部短絡

①　短絡時の現象（短絡容量）　②　短絡時の保護協調

4-3-2）引込 CV ケーブル等のサイズ・容量

4-3-3）変圧器二次直下短絡（MCCB 遮断容量 Icu の選定）

①　発生する現象と短絡時の事故電流　②　配電盤用 MCCB の選定

②　分電盤用 MCCB の選定（早見表）　④　太陽光発電設備用 MCCB

4-3-4）開閉器・遮断機の機能及び構造と動作協調（開閉と遮断）

4-4. OCR での LBS トリップ（小容量受電設備用）

4-4-1）目的

4-4-2）電力使用申込書での短絡感度の違い（PF と OCR）

4-4-3）定格電流の算定時の注意点（電灯容量と動力容量の比率）

4-4-4）OCR の整定（PF 動作との協調、小電流遮断）

※　PF の容量選定　PF-S 受電用　個別機器保護用

4-4-5）LBS 用 OCR の試験（受電用）

4-4-6）その他の電圧トリップ LBS（地絡保護、コンデンサ保護、焼損防止）

OCR の整定は、保護協調線図を作成すると設備特性との関係を図として把握でき、安心な考察ができます。線図は高圧電流を横軸、時間を縦軸とする両対数目盛の用紙に、受電設備特性による整定条件と OCR 動作特性を書き込むことで作成します。整定と作図を具体例によりご説明します。各種の自動作成ソフトが紹介されていますが、理解を深めるためには、自分の手で書いてみることが役立つと考えています。作成に使用する用紙（両対数）は CAD 等で簡単に作成することができます。JW-CAD での作製例及び手書き用としての PDF を、私の電力技術ページ（http://hanasaka.life.coocan.jp/denki/）に示しています。OCR 動作に関連する高圧ケーブルの絶縁測定、低圧部での漏電ブレーカ動作などの関連項目もご紹介しています。

整定後には OCR 試験を行います。私が行っている具体的な方法を３節に、より安全を考えるための、低圧部を含む受電システム全体の協調の考え方を４節に示しています。ご参照ください。

本稿では「6kV 高圧受電設備の保護協調 Q&A」のデータを多用しています。末尾に詳細をご紹介します。本文中では「末尾参考文献」として表示しています。

１．保護協調の考え方　top へ

受電設備用 OCR の保護協調を行うために考慮すべき整定条件には 4 つがあります。

・条件①　自所受電設備（変圧器全容量）定格電流までは動作しないこと（設備保護）。

・条件②　配電変電所 OCR（51 リレー）より先に動作すること（波及事故防止）。

　　第二キュービクルの場合は、受電より先に動作すること（停電部限定）。

・条件③　受電時の変圧器突入電流で動作しないこと（投入時の誤動作防止）。

・条件④　VCB 二次側の特性と協調していること。

通常は条件①～③を考えます。条件④は、OCR がある第二キュービクル、LBS 用 PF に G75 程度の大容量のものがある場合等に、自所内での協調として考慮する必要が出てきます。OCR の限時要素、及び瞬時要素の整定を行い、OCR の動作特性が各制限要素を満足するように調整します。それぞれの制限要素は高圧側電流に換算して考えます。

例として、変圧器容量 1250kVA・CT 比が 30 である受電設備での整定を考えます。

・条件①　1250kVA より、定格電流（高圧）は 1250/6.6/1.732≒110A となる。

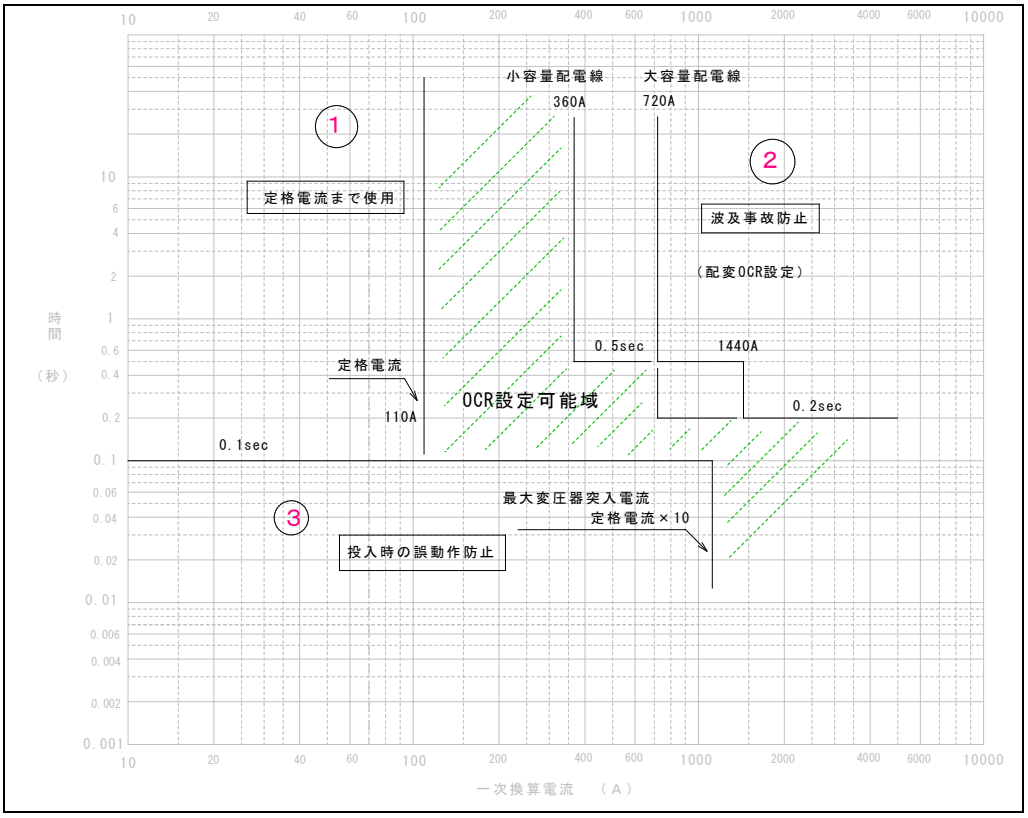
・条件②　配変 OCR は一般的に段特性になっている。小容量配電線と大電流配電線で限時動作値は 360A と 720A、瞬時値は 720A と 1420A に設定されている。瞬時時限は 0.5sec と 0.2sec である。小容量配電線特性を満足させれば安全である。

・条件③　受電時に流れる変圧器突入電流は定格電流の 10 倍、0.1sec とする。この場合は定格電流の 10 倍で 1100A になる。コンデンサ突入電流もあるが、0.002sec であり、OCR の動作より極めて短い時間であるため、通常は考慮していない。

※　変圧器突入電流については、末尾参考文献 P.88、及び日本電気技術者協会電気技術解説講座の機器材料（http://www.jeea.or.jp/course/contents/07304/）に説明があります。

条件①～③を、用紙に書き込むと下図のようになります。受電用 OCR では、制限要素の領域を含ま

ない、緑線ハンチング領域に OCR 動作特性が入ることが整定の目的です。



※　定格電流は変圧器全容量から三相として算出しています。一般的には動力容量が電灯容量より十分に大きく、実用上では対応できると考えています。300kVA 程度の小容量（LBS 用 OCR）の場合等は、電灯と動力のそれぞれの電流を考えたほうが良い場合があります。4-4-3）節で説明します。契約電力を基準とする考えもありますが、ここでは設備保護を目的としています。

２．整定値の算定

top へ

2-1.　限時要素（過負荷保護）

2-1-1）最小動作電流

過負荷を防止するための限時動作が開始する電流値です。条件①を満足させるために、高圧側の定格電流以上になるように整定します。定格電流が 110A なので、CT 二次側電流は CT 比 30 より、110/30=3.6A 以上が条件となります。ひとつ大きいタップ値である 4A に整定します。高圧側電流は 4×30＝120A になり、定格運用でも動作することはありません。

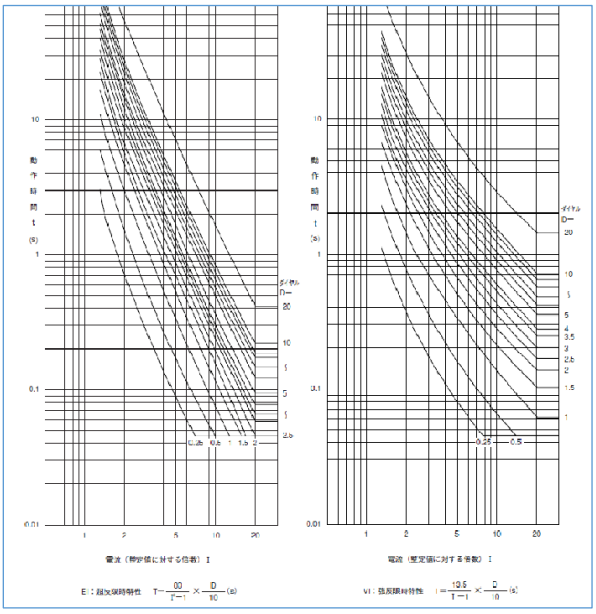
新設時は、受電容量を勘案して 3A～5A の整定となる CT 比となっています。電流引き外し型 OCR では、CT 二次電流を OCR で転流して VCB トリップコイルを動作させるため、3A 以下では動作不安定となる場合があります。3-1-5）節の組合せ試験で説明します。電圧引き外し型の場合は整定 3A 未満でも可能ですが、点検時等に、迷い？を生じることがあります。5A 超過は CT 誤差（磁気飽和）及び負担の問題があり、引き外し方式によらず推奨できません。4-1 節の n 値で説明します。増減設での受電容量の場合には OCR 整定のみでなく、CT 比の検討・更新（メータを合わせて）が必要です。

※　受電 VCB 用の OCR は受電設備全体の保護が目的です。実際に使用される負荷は、デマンドであっ

ても、一般的には、設備容量の 1/2~2/3 です。高圧電動機、同時起動する低圧の大容量電動機が多数ある等の場合でなければ、運用中の過負荷（定格電流超過）が生じるとは考えにくく、過負荷領域で限時特性整定に意味があるか？とも考えています。限時整定は実用上、条件①と②を満足するための整定として使用しています。

変圧器が複数ある設備での、受電 OCR による変圧器個別の過負荷保護も困難です。個別の変圧器保護は、変圧器一次 LBS で行うべきです。300kVA 未満の LBS 受電用（PF-S 型）OCR で、変圧器過負荷までを考える場合は 4-4 節に説明します。併せて変圧器の短時間過負荷許容曲線を説明します。

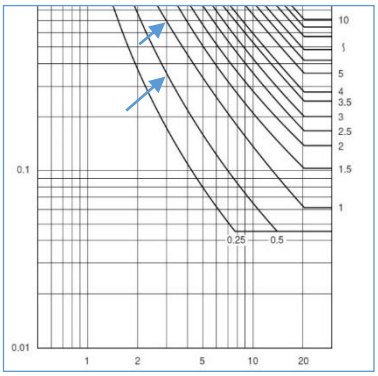
2-1-2）限時特性とタイムダイアル（TD）



条件②を満足させるために、最小動作電流より大きい場合の動作特性を限時特性と TD により調整します。

限時特性には定限時と反限時があります。定限時は電流整定値（最小動作電流）を超過すると動作時間が一定となります。反限時は整定値に対する倍率により動作時間が短くなります。反限時には超反限時、強反限時、反限時の三種があります。超→強→反で立下りが緩やかになります。反限時の種別選択が可能な型と、できない型があります。図の左側が超反時限、右側が強反時限特性です。超反限時はパワーヒューズ（PF）の動作特性に似た形です。三菱 MOC 型等では 3 種類の特性が選択可能、オムロン K2CA では反限時の固定です。同じ限時特性であっても、動作時間がメーカ毎にわずかですが異なることがあります。使用する OCR のメーカ、型式を確認することが必要です。選択可能な型では、メーカ出荷時は超反限時となっている場合がほとんどです。反限時特性であっても電流倍率が大きくなると、定限時となります。

TD 値は、限時特性をそのままで動作時間が変化させます。メーカ取説等に、限時特性別に TD をパラメータとして、横軸を整定電流値に対する倍率、縦軸を動作時間とする、特性図として表されています。動作時間は概 TD に反比例します。図では TD 整定で左右に移動します。限時特性と TD の設定方法は 3-1-2）節の事前準備（OCR 本体設定）で説明します。



整定のためには、限時特性と TD を仮決めし、電流整定値の倍率による動作時間を読み取ります。右図は、私が習慣的に使用している強反限時特性の拡大です。縦軸左が動作時間、横軸が電流の倍率で、縦軸右の TD 値により読み取ります。300%で TD＝0.5 では動作時間 0.34sec、TD＝1 では 0.69sec と読み取ることができます。最小動作電流整定値が 3A でも 5A でも、300%では 0.69sec で同じです（誘導型では機械的特性により異なることがあります）。取説に計算式が示されている場合は、より正確に動作時間を算出することができます。

2-1-3）協調線図による検討

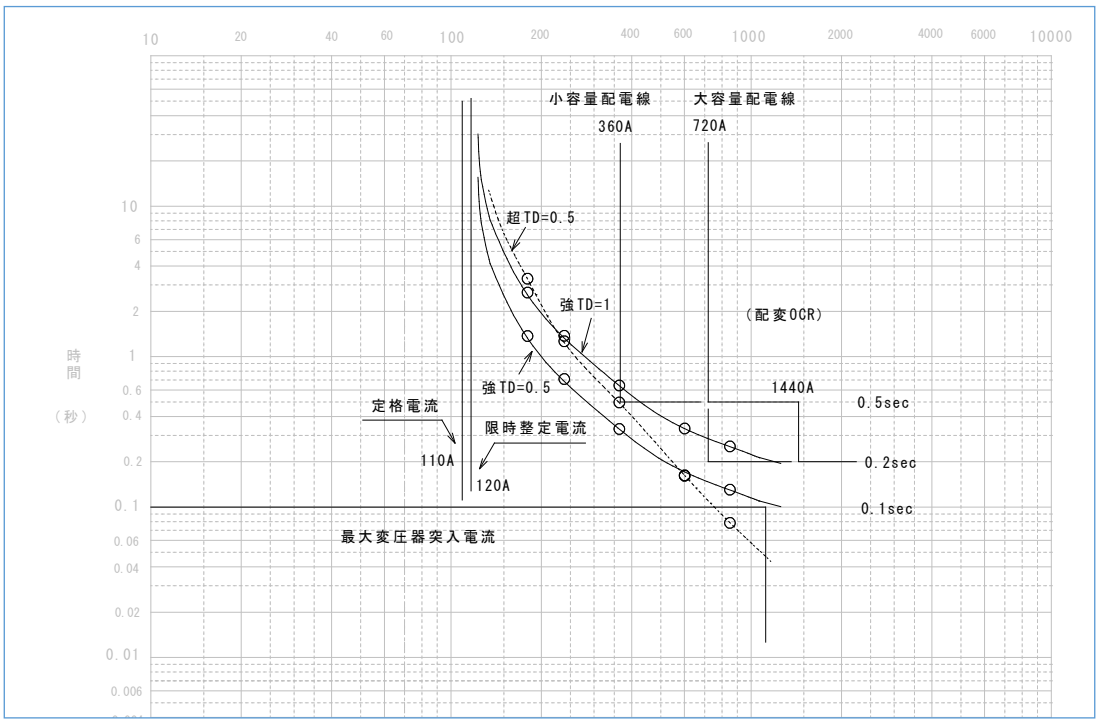
電流倍率の高圧側電流換算値と、限時特性及び TD 値による動作時間の表を作ります。最小動作電流 4A、CT 比 30 とすれば、150%＝1.5×4×30＝180A となります。動作時間は三菱 MOC 型の計算式で、単位は msec です。

電流倍率	150%	200%	300%	500%	700%
高圧側電流	180A	240A	360A	600A	840A
強反限時　TD=0.5	1.35	0.68	0.34	0.17	0.11
強反限時　TD=1	2.7	1.35	0.68	0.34	0.23
超反限時　TD=0.5	3.2	1.33	0.5	0.17	0.083

オムロン K2OC 型では、計算式は同じですが、0.16sec で定限時となります。強反限時特性 TD＝0.5 では概 500%から定限時です。700%も 0.16 です。次節の瞬時特性と併せて、変圧器突入電流（0.1sec）の回避ができます。型式ごとの確認を行います。

上表により、強反限時特性での TD=0.5、TD=1、超反限時特性での TD=0.5 の 3 例を協調線図に記入すると下図となります。横軸が高圧側電流、縦軸が動作時間です。電流整定値（120A）に対しては 150%からの漸近線としています。TD＝1 では動作時間が大きく（TD＝0.5 に対して概 1/0.5＝2 倍）なるため、条件②の配変の小容量瞬時特性と交差します。TD＝0.5 で、条件③変圧器突入電流特性 0.1sec と接近していますが、系統波及事故防止を優先し、強反限時 TD=0.5 を選定しています。

変圧器突入電流による限時要素の誤動作は受電時に生じます。保護協調線図で、変圧器突入電流による VCB トリップの可能性があることを理解・想定しておけば、再度の投入で受電できます。超反限時 TD＝0.5 では完全に交差しますが、同様に考えれば採用可能です。



※　変圧器突入特性は、実際は角が落ちた形であるとされています（末尾参考文献 p.90 に詳細説明）。最大容量変圧器についてのみを考えれば良いとの見解もあります。実用上は、超反限時・TD＝0.5 での

使用も可能と考えられます。

オムロン K2OC-CAN 型では限時特性・電流倍率によらず、動作時間は 0.16sec より小さくはならないので、変圧器突入特性との交差はありません。

2-2. 瞬時要素（短絡保護）

2-2-1）瞬時動作電流

高圧短絡時の大電流遮断のために瞬時動作を行う電流値です。動作時間は電流値倍率によらず一定（定限時）となります。条件②である系統波及事故防止のため、前項の限時特性が配変 OCR 特性（配電系統により 360A、720A、1440A）と交差する場合は、交差値より小さく整定します。併せて、条件③の受電時の誤動作防止のため、変圧器突入電流より大きく整定します。一般的には限時電流整定値（最小動作電流）の 10 倍程度です。

2-2-2）瞬時動作時限

定限時で 0.05sec の固定です。VCB の公称動作時間 0.05sec と併せると、電力使用申込書の事故除去時間 0.1sec になります。実測値は OCR、VCB 共に、測定例 3-5 に示すように公称値より早く動作します。配変 OCR の瞬時時限整定は 0.2sec ですが、受電側では VCB 組合せで 0.18sec 以内の動作が要求されています。差分の 0.02sec は慣性特性（誘導円盤型では回転を始めた円盤が急には停止できない等）の余裕をとるためです。受電側 VCB が 0.2sec 以内に動作開始していれば、配電 VCB が先に動作しても、再送電時には障部分が切り離されています。再送電は成功する（系統波及事故にならない）場合が多いと考えられます。

※　配電系統としての短絡保護

受電用 PAS 用 SOG 動作時限は 0.2sec です。事故時に「PAS の故障電流遮断の動作時間が配電変電所 OCR より小さくないので、系統波及になる？」との疑問が出てきます。

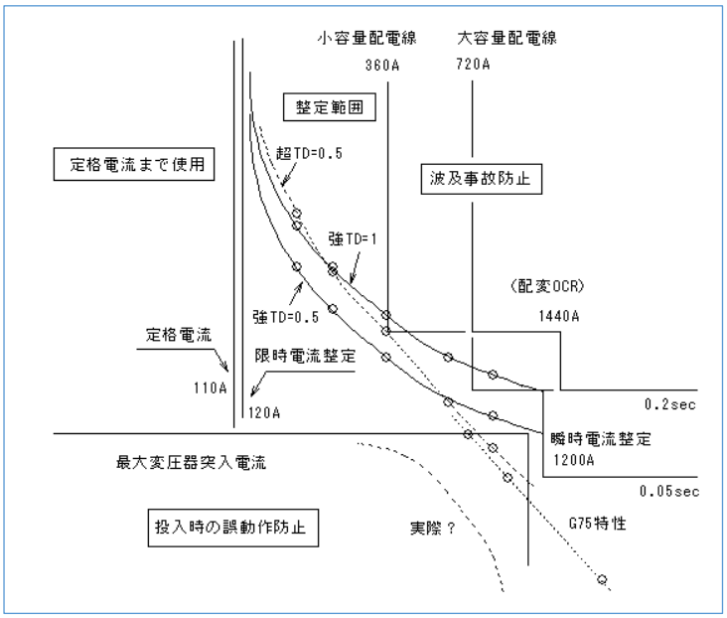
PAS はスイッチであり、地絡時の負荷電流（200 又は 300A）以上である故障電流遮断はできません。短絡故障（二線地絡絡短絡を含）での過電流発生時には SO 機能により自己ロックし、配変 CB で故障電流が遮断され、系統停電したことを確認後に開放動作を行います。自所の受電 VCB 又は LBS までの高圧部（受電ケーブル）の短絡保護は配変 VCB が負担しています。配変 CB 動作前の PAS 開放はできないため、0.2sec より短い時間の整定は不可です。

保護協調は上流側の配変、下流側の第二キュービクル・配電盤までを考えるシステムとして行います。4 節に関連事項として、変圧器二次直下短絡、各種スイッチ類の構造と特性、OCR での LBS トリップ等を記述します。

2-2-3）協調線図書込みによる検討

限時特性上の瞬時整定値から、0.05sec 定限時特性の線へ、垂直に瞬時特性線を描くと保護協調線図が完成します。動作線図が配変 OCR 特性と変圧器突入電流と交差しない、整定範囲に入ることを確認します。

1500kVA 超過の場合は、定格電流の 10 倍は 1300A 以上になり、配変 OCR の瞬時設定値 1440A と、変圧器突入電流特性ともに交差しない整定が困難な場合が生じます。



前述した限時特性同様に、突入電流による瞬時誤動作の可能性があるのは、年次点検後と系統停電後の復電時です。私は系統波及防止を優先と考えて、動作特性を変圧器突入電流特性に交差させる方を採用しています。可能性を理解しておけば、再度の投入で受電できます。

参考として、条件④としての、第 2 キュービクル等で使用されることの多い LBS 用 G75PF の動作特性を記入しています。PF 二次側の母線短絡では PF が、過負荷では VCB が先に動作することがわかります。この考え方は、OCR での受電 LBS トリップ（4-4 節）でも説明します。

2-3. 整定による OCR 動作特性の変化

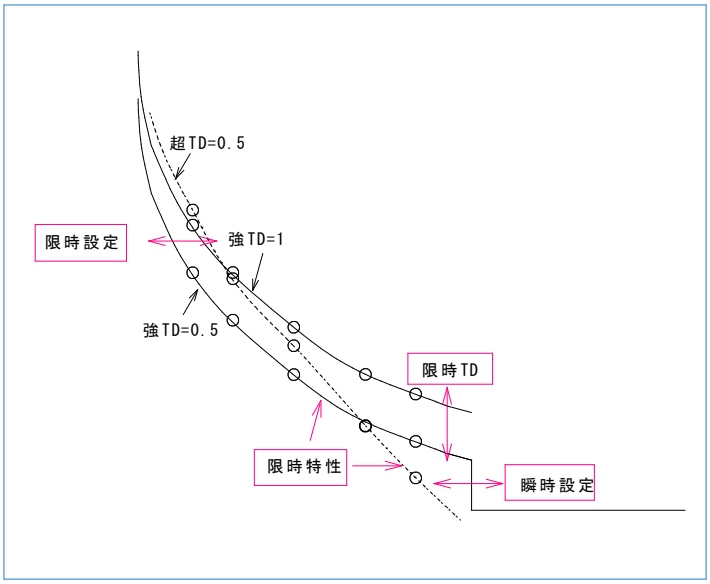
整定による協調線図の変化は右図のようになります。

・限時特性（超、強、反）の選択で立下り特性が変化します。

・限時電流整定で全体が左右に動きます。

・TD（無名数）整定で全体が上下に動きます。動作時間は概ね、TD に比例します。

・瞬時電流の整定で瞬時の動作位置が変化します。限時特性（反・強・超）は、0.05sec 固定の定限時に変わります。



それぞれの要素の整定による特性変化を考えて、特性線図を前項の整定範囲に納めることが保護協調線図による OCR 整定の狙い（醍醐味）です。限時特性等の具体的な調整方法は、3-1 節試験方法の事前準備の節に記述します。

2-4. 試験結果例

1250kVA 設備で測定した結果の例を示します。試験方法は 3-2 節をご参照ください。

・OCR 単体試験での時限測定例

	R 相				T 相			
	200%	300%	500%	700%	200%	300%	500%	700%
測定値	0.664s	0.346s	0.163s	0.107s	0.660s	0.346s	0.163s	0.108s
公称値	0.675s	0.338s	0.169s	0.112s	0.675s	0.338s	0.169s	0.112s

公称値はメーカ取説の計算式による値です。測定値は、いずれも公称値の±10%以下で、ほぼ公称値の値が得られています。協調線図を作成するためには 3 点以上の測定値が必要です。公称値を確認しておくと、試験結果が一致することで、試験操作が正しかったと判断することができます。

・VCB 組合せ試験での時限測定例

組合せ試験では、VCB 主回路の一次と二次間からトリップ接点信号を取り、VCB の動作時間を含む時限を測定します。VCB 動作時間を推定できます。

	R 相	1 相
時間整定	300%	300%
動作時間	0.374s	0.381s

VCB 動作時間 （R 相）

＝ 組合せ動作時間 ― 単体動作時間 ＝0.374－0.346≒ 0.028s ＜0.05s（VCB 公称値）

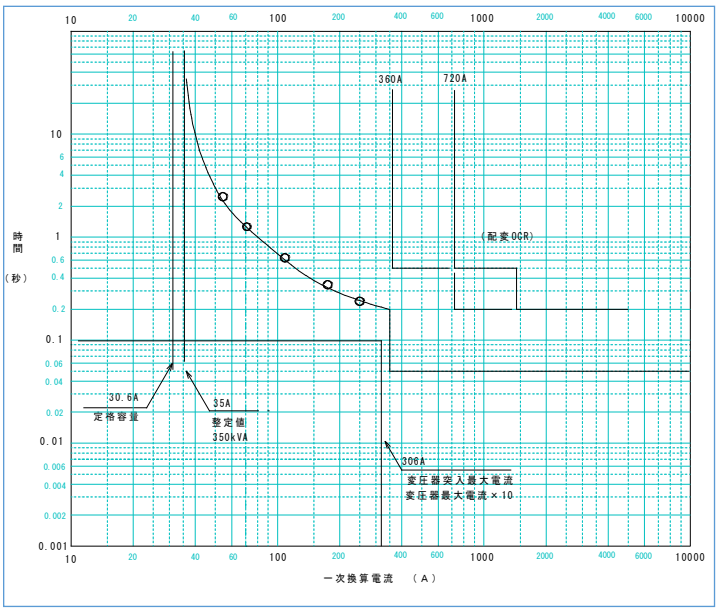
・OCR 単体試験での瞬時動作測定例

	R 相	T 相
電流整定	20A	20A
最少動作	20A	19.5A
動作時間	0.035s	0.035s

動作時間の公称値は 0.05s です。前項より求めた VCB 動作時間を加えると、組合せでの瞬時動作時間となります。

2-5. 小容量受電設備の整定例

設備容量 350kVA、CT 比 10、MOC 型での整定例です。限時整定は 3.5A、条件②配変 OCR と③変圧器突入電流の間隔に余裕があるため TD＝1 としています。瞬時は、小容量配電線の特性（360A）を考えて、35A（高圧電流 350A）としています。変圧器突入特性 0.1sec-306A にかかることもありません。瞬時が高圧側電流、360A、720A、1440A を意識して整定されている例は、よく見かけます。



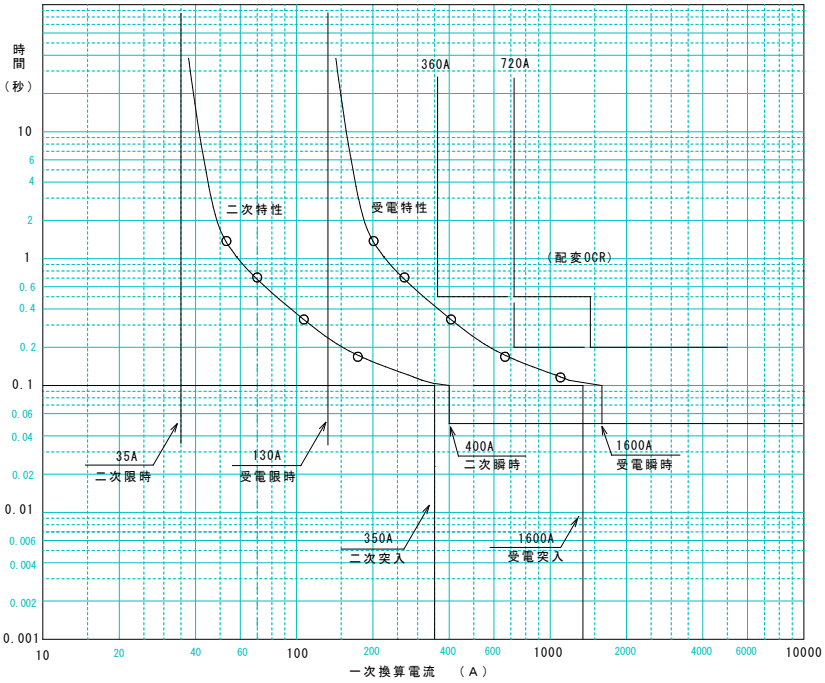
医療関連設備などで単相変圧器が大きい場合は、設備容量一括と、単相と三相を別途計

算することでの高圧側（一次）電流の違いが大きくなります。4-4-3）節で説明します。CT 比のため、限時整定の最小動作電流値と電力整定値の間隔が少ない場合は、PF 特性に近い超反限時特性の採用も適しています。

2-6. 直列 OCR の整定例（自所内での協調）

第二変電（二次キュービクル）にも OCR（二次）がある場合、第二変電での過負荷又は短絡事故では、二次 OCR を受電 OCR より早く動作させる、所内での OCR 協調を行います。数値のみでの確認は困難です。協調線図を作成すると安心な整定ができます。

受電（全）容量 1500kVA（131A）、第二変電（二次）容量 400kVA（35A）の例で説明します。最小動作電流は受電 OCR を全容量、二次 OCR を第二変電単体容量として、2-1 節と同様に整定します。受電側の限時特性が条件②の配変 OCR 特性に近づくため、受電側に二次側よりも立下りの大きい限時特性を採用すると、協調がとりやすくなります。共に強反限時ですが、受電は配変特性より早く動作するため TD=0.5、二次は変圧器突入特性との交差を防ぐために TD＝1 として大電流域での立下りを少なくしています。受電と、二次の容量差が少ない（第二変電容量が受電キュービクルより大きい）場合は、受電側の特性を立下りが大きい超反限時とすると、二次側特性と電力変電所特性の間に受電側特性を持ち込むための整定がやりやすい場合があります。



瞬時電流は、二次特性が受電特性に交差しないように整定します。大電流部で受電側特性と二次側特性が交差する場合は、二次側瞬時電流を交差より小さくします。瞬時動作時限は 0.05sec 固定で同じです。第二変電高圧短絡時の系統短絡容量による大電流範囲での、受電と二次の OCR 同時動作を防止する方法はありません。同時動作であれば、第二変電側の疑いが強いと判断することができます。

受電側限時特性と受電突入電流最大値が近接しているので、受電時（系統停電時を含む）に受電 OCR が動作する場合も生じます。OCR 整定のみではなく、受電時の対応を、第二キュービクルに電動バネ型 VCB を採用して 27 リレーでの自動投入シーケンシャル制御を行う等のシステムとしても考えるべきです。しかしながら、ほとんどの場合、管理主任技術者が OCR 整定を行うときには設備仕様は決定されており、OCR 整定のみでの対応が要求されます。停電点検後の復電では、二次 VCB を切として受電することでも防止できます。

３．試験の実際

top へ

特性試験では、受電申請時の電力使用申込書の記載事項である事故除去時間と短絡感度の実働での確認も目的としています。私が行っている試験方法を、高圧受電設備の竣工試験（停電中の他電源試験）を例として御紹介します。

3-1．試験手順

3-1-1 ）事前調査

事前に型式による特性をメーカホームページの取説等で調べます。VCB 付属で 1/10 電流で試験を行う型もあります。竣工検査では事前に設備容量、CT 比を調査し、協調線図を作成しておくと安心です。年次点検でも整定値に対する特性値を把握しておきます。限時特性、瞬時特性（2 段・3 段）の設定が可能な（設定する必要がある）型が多くなっています。選択が異なると特性が異なり、整定が同じでも動作時間が異なります。

OCR を、難しい内部構造を持つ精密機器とは考えず、電流が大きくなると指針の接点が着くメータリレーと同様と考えて試験作業を行います。試験時には、試験操作に専念します。

※　試験機験機機能を単純化して考えると、電流発生器（トランス出力の抵抗分流器）とタイマ（外部信号での停止機能付き）の組み合わせです。電流端子を TT に接続して試験電流を流し（整定値以下で）、試験コードにクランプメータで測定すると発生している電流値が分かります。トリップ検出を接点として、トリップコードの接点を接触させると試験機（カウンタ）が停止します。試験結果に疑問がある場合の確認に役立ちます。

3-1-2 ）本体設定

試験開始前にリレー本体の設定を行います。三菱 MOC 型を例に記述します。電源周波数と限時及び瞬時特性を OCR 表面のディップスイッチ（ドライバで示している部分）の ON と OFF で設定します。他の型式でも同様のディップスイッチが本体表面についています。型式によりディップスイッチの個数配置は異なりますが、本体の説明又は取説に従って切り替えます。出荷時は、周波数など、そのままで使用できるように設定されています。

・限時特性

出荷時は超反限時特性です。そのまま使用すると、動作時間が異常に短いと感じることがあります。検討値に合わせて設定します。図ではディップスイッチの SW1（OFF）はそのままで周波数 60Hz、SW3（OFF）・SW4（ON）で強反限時に変更しています。オムロン K2CA 型では反限時（DO 特性）に固定なので設定はできません。オムロン K2OC 型では既設更新の場合に役立つ、K2CA 型の DO 特性の選択も可能です。

・瞬時段特性

オムロン K2OC 型、フジ QHA 型、三菱 MOC-A3 型には、瞬時特性の 2 段又は 3 段の設定があります。出荷時は通常使用の 2 段特性となっています。3 段設定とすれば、瞬時の動作開始を、瞬時整定値

に対する％で設定ができる型があります。段特性による試験時の留意点を 3-2-4 節で説明します。

・整定

整定は、限時電流・TD（タイムダイアル）・瞬時電流を、3 個並んだロータリースイッチの矢印に注意して回転させて行います。手でつまむ、又は細い（精密）マイナスドライバーで切り替えます。ディップスイッチの上の「表示切替」ロータリースイッチを、最少動作電流試験での数値表示による始動確認のために、時間経過に切り替えておきます。

※　誘導型での整定

誘導型の設定は機械的にネジ位置とタップで行います。右図は電流の電磁力で駆動される誘導円盤型で、限時電流（タップ）4A、瞬時電流 20A、限時ダイアル（レバー）0.5 に整定されている例です。限時電流はタップ取付位置で、レバーは黄矢印の特性バネのダイアルを手回しで、瞬時電流は左側のロックナットを緩めてネジ頭の位置調整で調整します。限時電流のタップ位置以外は機械的なヒステリシス（ネジのガタ等）を含んだ設定になります。数値のみで明確に判断できるものではないことに注意が必要です。レバー10 の試験等を行う場合、常用値に戻っているかは、再試験で確認します。円盤の代わりに円筒を使用する型も極めてまれに残存しています。

3-1-3 ）VCB 引き外し電源

OCR には電流引き外し型（MOC-A1T 等）と、電圧引き外し型（MOC-A1V 等)があります。OCR 動作電源は、試験電流から取られるので不要（概 1A 以上で OCR 活）ですが、VCB 組合せ試験のためには、引き外しのための電源準備が必要な場合があります。

①　電圧引外し用コンデンサトリップデバイス（CTD）

電圧引き外し型は、外部の動作電源が OCR 内部 a 接点により印加されて VCB が動作します。ほとんどの高圧受電設備では制御用バッテリーがないため、電源喪失時の不動作防止のために、動作電源に右図の CTD を使用するコンデンサトリップ方式（コントリ）が使用されます。CTD は P1・P2 に入力された AC100V 電源を整流してコンデンサに充電し、DC141V で出力します。充電状態で表面左上の充電表示ランプが点灯します。点灯中は VCB 動作試験が可能です。使用中の CTD では表示ランプが薄く点灯することが多いので注意が必要です。充電後は、P1・P2 電源喪失後も一定時間・数回の引き外し動作が可能ですが、試験の全回数には対応できません。

組合せ試験は P1・P2 に電圧を印加した状態で行います。一般的には重要電源として、VT 二次側直結です。停電試験時には、裏面の P1・P2 端子の AC 入力配線を外し（VT による逆昇圧防止・必須)、CTD 単独で試験機補助電源の AC100V を連続供給します。図でクリップをつけている端子が P1・P2 で、横の端子二つが DC 出力です。作業性が悪いところが多いので、ネジ頭を少しだしておきます。VT 逆圧等の重大障害の防止のために、ヒューズ、プロテクトリレー等の保護が付属した市販試験機の補助電源を使用します。DC 出力側に試

験機補助電源から AC100V を供給する（とんでもない間違いです）と即時に、試験機は保護動作により停止します。試験用発電機も瞬間的にうなり音が大きくなるので、そのまま続けると損傷すると考えられます。

活かした後の CTD 出力側には DC141V が残ります。解結線は表面の放電スイッチを押して、充電表示ランプ消灯を確認して行います。使用中のものでは、放電スイッチが引っ掛かり、DC 充電ができない場合もあります。ボタンを引き出すと充電されます。

CTD には 3 端子型があります。左図が盤裏です。中央が共用で、図の右から 2 端子が AC 入力、左から 2 端子が DC 出力です。OVGR・PPR 等が使用される場合は、右図に示す外形が類似している、DC24V 電源（AC-DC 変換機）が使用されていることがあります。リレー本体の動作電源であるため、試験前に活かします。事前の、試験方法に併せての、結線図・取説での調査が必要です。

※　太陽光設備等で、OCR と OR 条件での手動復帰型 OVGR がある場合に、OVGR リセットを忘れると、VCB 組合せ試験ができない場合があります。VCB のトリップコイルで CTD のコンデンサ出力が短絡のままとなり、充電ができない状態であると考えられます。リセットしてしばらくすると、DC 電圧が戻り、試験が可能になります。

② **電流引き外し用補助継電器箱**（電流トリップ補助箱）

電流引き外し型 VCB を GR（DGR）と共用する設備（出迎え方式の受電用が多い）に使用されます。電流引き外し型は、過電流時の CT 二次電流（試験時は試験電流）を OCR 内部の b 接点により転流させて、VCB を動作させます。過電流ではない受電時、GR 動作時の CT 二次電流は、ほとんどの場合 VCB トリップコイルの安定動作に必要な 3A (3-1-5 参照) 以下です。GR の出力接点で CT 電流を転流させても、VCB は動作しないため、「電流引外し用補助継電器」を使用して、外部電源によりトリップコイル動作電流を発生させます。内部構造は箱表面に示されています。内部 Z リレーで、S1-S2 に入力される AC100V により発生する電流と、T1-T2 に入力される OCR 出力電流を切替て補助箱の O1-O2 に出力することで、VCB を動作させます。発生する電流値は、VCB トリップコイル抵抗（10Ω）と直列に接続される補助箱内のリアクタ（15Ω）により、4A となります。

OCR と VCB の組合せ試験は、GR 不動作時には内部 Z リレーで、出力 O1-O2 は OCR 側になっており、通常の試験操作で可能です。GR と VCB の組合せ試験は S1-S2 に補助電源を供給して行います。電灯変圧器が電源である場合は GR 用 MCCB 二次側を解線し（逆圧防止）補助電源を供給します、PT 直結である場合は S1-S2 端子を解線して供給します。GR は、リレー裏の P1、P2 配線を解線し、補助電源を供給します。トリップコイル連続通電での焼損防止のため、制御電源が VCB の補助接点を経由している場合（原則）は、VCB を「入り」位置とします。

※　G 付 PAS 増設などで地絡保護が行われ、GR が不要となった場合の、補助箱の放置は危険です。S1-S2 の電源の停止を行わないと、Z リレーの不具合で VCB が動作する恐れがあります。VT 直結である場合は、短絡すると大事故になるので、注意して絶縁します。T1-O1 及び T2-O2 の短絡が無ければ、OCR 動作時に VCB 動作しない場合があります。

無方向 GR で、リレー箱内に補助箱機能が内蔵されている旧型も残存しています。裏面の端子上段が OCR 出力用の T1-T2、補助箱出力の O1-O2、次の段が AC100V 入力用の S1-S2、最下段の P1-P2 が GR 動作電源です。方向性 SOG の PAS に更新したにも関わらず、不注意で残存させていると、系統地絡で受電 VCB が誤動作します。

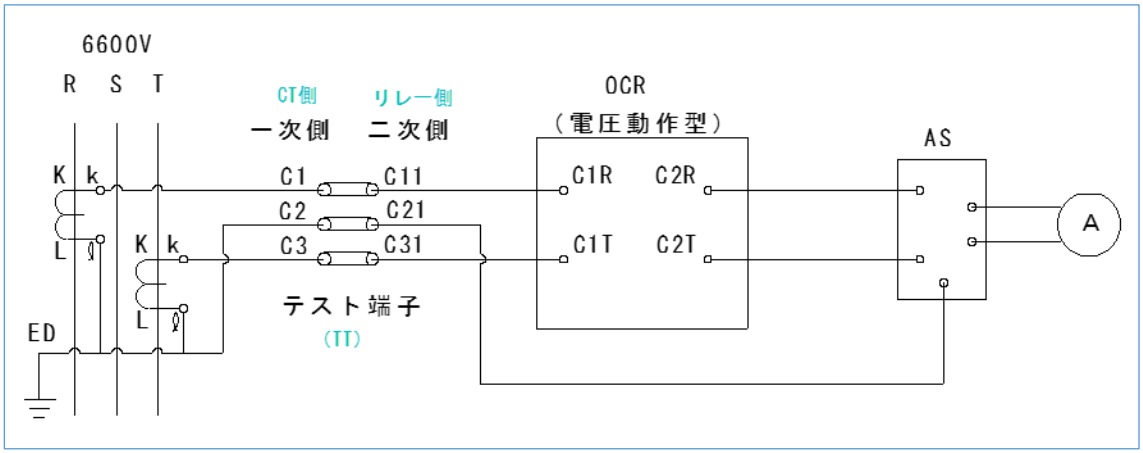
※　電圧引き外し型 VCB を共用する場合、VCB は、CTD 等の電源でトリップ動作するため、補助継電器箱は不要です。出力接点が並列接続された各種リレー（GR、UVR）等があると、いずれかの接点動作で VCB は動作します。

自電源試験では、並列 GR 等が誤動作状態であると、VCB 投入で制御電源が活きると同時に、VCB が動作します。テスト端子の CT 側を短絡していても同様です。試験電流が無いのに、なぜ動作するのか？という疑問が生じることがあります。停電中の他電源試験では、OCR 以外の保護装置が停止（動作電源無し）であると、通常の操作での試験が出来る場合がほとんどです。

3-1-4） 試験電流の入力（テスト端子、プラグ）

①　試験回路

OCR と CT 周りの三線配線図を、電圧引き外し型 OCR を例として示します。電流引き外し型でも試験電流の入力方法は同じです。CT は二次側、TTCT）に接地がとられています。テスト端子と接地部との抵抗測定で、ゼロとならない方が試験電流を入力する OCR 側です。



試験電流の方法には各種あります。大きく分けて、盤面のテスト端子（TT）で CT 側の分離を行う方法①と、分離を行わない方法②があります。竣工試験で OCR 単体動作の測定精度を高めるためには、試験電流の OCR 以外への分流が生じない①が適しています。電流入力に汎用試験機の試験コード R・C（アースサイド又はコモン）・T を使用するものとして説明します。

②　テスト端子（TT）入力

盤面テスト端子の一次（CT 側）端子と二次（リレー側）端子の短絡片を外して分離し、二次端子から入力します。一次側の確認は D 種接地が取られているかで行います。一次側が上側、二次側が下側の配置が多いようですが、逆の場合もあります。短絡片で一次側を短絡してから分離することが原則です。復帰を忘れて受電しても対応できます。

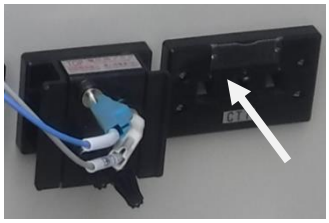
※　テスト端子（TT）の二重短絡―TT ロック

上段と下段に二重に短絡片が取り付けられている TT があります。活線状態で CT と Ry を分離することが本来の目的です。図は上段の短絡片を使って、CT 側（下側）を短絡している状態です。この状態で下側の CT-Ry 間の短絡片を外すと、Ry 側を分離しての試験ができます。CT 二次電流が短絡片でバイパスされるので、Ry のロックに使用する（TT ロックと呼ばれる）場合も有ります。高圧受電設備ではほとんど実施例が無く、予備と考えても間違いではないと考えています。

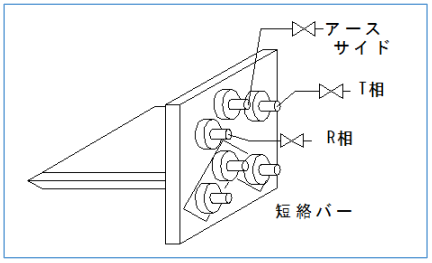
最近使用されることの多い、OCR と CT を共有する RPR の試験を、受電中に TT から流す場合に応用できます。試験電流は OCR にも流れることに注意が必要です。

短絡片の上段のみを使用すると、受電中に小型のクランプを装着してリレー入力電流（CT 二次電流）を測定することができます。データロガ（KEW5020）用クランプを装着している状態です。高圧受電電流の確認ができます。

③　テストプラグ入力



テストプラグを盤下部に設置された左図に示す挿入口（白色矢印部）に差し込んで使用します。右図がテストプラグです。一次（CT）側に短絡バーを取り付けた状態でプラグを差し込んで使用します。プラグの挿入で、一次側の短絡、一次二次間の開放（前項の TT ロック）、二次側端子の接続が順次行われます。左側は DGR の零相電流用の 2 端子型です。一次側の短絡はありません。盤面に記述があります。



右図は 3 端子型テストプラグの結線です。二次側（上側）の試験機コード配線は挿入後に、TT と同様に行います。TT の二重短絡片による操作と同様に、一次側の短絡が行われているため、Ry の活線試験にも対応できます。インタロック用の端子が追加された、4 端子型では、トリップ信号までをロック（開路）しての、OCR 試験を行うことができます。

④　その他の入力方法

④-１　制御線解線入力

TT 又はテストプラグを使用せずに、制御線等を経由して入力します。右図は盤裏面でテスト端子二次側 C11・C21・C31 の端子を解線して、試験コード R・C・T を接続しています。プラグ式でプラグが準備できていない場合は、この方法によります。

④-２　TT 直接入力

テスト端子（プラグ）短絡片での一次と二次の分離操作を行わずに、一次側（又は二次側）端子に試験コードを接続します。CT 二次側から見たインピーダンスが著しく大きく、試験電流の殆どはリレーに流れることを前提にしています。実用上は十分のデータが得られます。

※　年次点検等で計器（OCR）側の配線正常が確認済みであることが前提です。不具合があると CT 二次に定格（5A）以上の試験電流が流れ、CT 焼損・異常電圧発生の危険があります。試験中のキュービクル内立ち入りは厳禁です。

④-３高圧 CT 入力

高圧用 CT の R 相 K 側端子に試験コード R、T 相 K 側端子に T、ED に C を直接接続します。試験電流の配分と注意事項は前④-2 項と同様です。

基本操作は、TT 又はテストプラグによる入力であると考えています。試験コードの取付け、試験中のはずれ、解結線の不良（ネジ締め付け不良）等、作業と確認の全てを盤表面で行うことができます。停電中の一次端子（CT 側）相間の短絡を習慣化しておくと、試験の後、復帰操作を忘れて受電しても CT 二次の開放は生じません。一次端子と二次端子間に短絡片を取り付け、一次端子の相間短絡を外すことで復帰ができます。テスト端子（プラグ）は試験の簡易化のみでなく、試験作業での安全経験を積み重ねて現在の形となっていると考えられます。

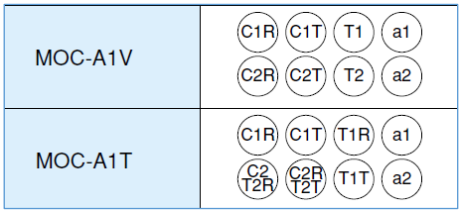
④-3 の方法は CT 端子から OCR までの配線確認もできますが、高圧機器の接地配線等を含めて、盤メーカの検査範囲であると考えています。

④　入力の確認

高圧受電盤の電流計がアナログ型（動作電源不要）の場合は、TT 端子への試験入力結線後、1A 程度の電流を R 相、S 相に流して電流計指示が動く（20%程度）ことで、TT 端子から OCR までの配線確認できます。竣工検査、太陽光設備用の CT を共有する RPR 増設（配線変更）等の場合は必須です。5A を流すと、通常は電流計が 100%の指示となります（メータ試験）。配線確認後は、電流計保護のため、AS を切位置として短絡し、試験を行います。

3-1-5 ）単体試験と組合せ試験

① OCR 単体試験



竣工検査等で、VCB 切位置のまま、OCR 単体での特性確認を行います。試験機トリップ検出は OCR 裏面の補助接点にとります。MOC 型の場合、図・上が電圧引き外し型、図・下が電流引き外し型の端子配列で、補助接点 a1・a2 が縦配列になっています。K2OC 型では a・c になります。取説での端子配置の確認を行います。盤用 DGR 等では a1、a2（又は a1、c1 等）が横配列の型が多いので、続けて行う場合にはトリップ接点コードの付け間違いへの注意が必要です。

VCB は切位置のまま行うため、試験時間は組合せ試験と比べて短くなります。電圧引き外し型での CTD への電源供給は不要です。電流引き外し型での VCB トリップコイルの駆動電圧も不要であるため、試験用発電機は 9A 型でも十分に対応できます。

※　単体での動作確認

電圧引き外し型では T1・T2 の接点動作、電流引き外し型では T1R・T1T の電流変化ですが、補助接点使用でも支障のない値が得られます。T1・T2 等は配線済なので、できるだけ外したくないという考えです。外さなければ、再接続時のミスは発生しません。補助接点が「高圧故障」等の警報引出に使用されている場合は解線して行います。

②　VCB 組合せ試験（時限が長くなる、VCB 動作不安定）

年次点検等で、VCB 開極動作を含めて確認します。竣工検査では OCR 本体の引き外し機能（引き外し電流転流用 b 接点、又は電圧動作用 a 接点）と VCB 接続配線が正常であるかの確認のためにも必要です。時限測定値は VCB 開極時間が含まれるため単体試験より長くなります。時限が小さい領域では、OCR 単体の動作時間は分かりにくくなります。VCB 開の状態で試験電流を流すと、VCB 動作が無いため試験電流が停止せず、損傷等の恐れがあります。試験前に VCB の投入操作が必要です。投入操作に注意が必要な蓄勢型の注意点を 3-3-4）節に説明します。OCR 単体試験が終了している場合は、500%等で、R 相、S 相それぞれ 1 回ずつ行います。

停電中の他電源試験では、トリップ接点信号を VCB 主回路の一次側と二次側に取ります。受電中の自電源試験（次項 3-1-6-②参照・各種の危険があり推奨できません）では、VCB 動作による電源喪失でのカウンタ停止を利用するので、トリップ信号は不要です。

電流引き外し型 VCB で、設定電流を作るための出力電流切替 SW の位置を大きくしすぎる（抵抗を抜きすぎる）と、出力電圧が低くなり、OCR が動作しても VCB からチチチ（シャラシャラ）音がして動作しない場合があります。VCB トリップコイルの印荷電圧不足で、駆動部がチャタリングするためです。測定時間が長くなる場合もあり、時限値が 300%で正常、500%で長くなる等、試験電流が大きくなるほど生じやすくなります。出力電圧計がある試験機では、電流設定時に 30V 以上となるように切替 SW を調整すれば、コイル抵抗 10Ω であるので、コイル電流が安定動作域である 3A 以上になり、VCB は安定に動作します。測定値が想定値よりも大きいと感じる場合は、前項の OCR 単体試験を行い、差分で VCB 動作時間を算出します。3A 整定での試験では VCB 動作が不安定な場合があります。電圧引

き外し型では、CTD 等の外部動作電源が活きていれば、トリップコイル電流値に関係なく VCB は動作します。

※　年次点検は異常が発生していないことの確認が目的です。通常は組合せ試験のみを行います。図は、他電源試験で、VCB 横の、磁力取付け振動検出装置（G トリップ）を使用している例です。VCB 動作による振動で作動する接点をトリップ信号に使用します。盤面のみの結線で、試験中に、検出端子の外れが無いことが直視できます。キュービクル内の作業で、狭い場所に潜り込んで高圧配線を変形させる等の恐れがありません。最悪の失敗である、VCB 主回路にトリップ端子を付けたまま復電してしまうこともありません（いずれは必ずミスをすると、自分を疑っています）。取り付けクリップ等でマグネットが浮くと、動作が不安定になります。

使用中の（特に更新推奨年数を超過した）VCB では、OCR 試験での開放後、投入不良が生じる場合があります。繰り返しての投入操作、ギア部の簡易給油等で運よく投入できた場合にも、私は VCB 不良により試験中止とします。遮断機特性として、投入された VCB は開放できるが、開放された遮断機は投入できるとは限らない（責務 O-CO）と考えています。使用を続けるためにはメーカによる所定の給油・分解点検整備が必要です。

3-1-6 ）試験機用電源

①　他電源

全停電中に、インバータ携帯発電機、バッテリー等を試験機電源として試験します。高圧・低圧共に充電部が無く、TT 操作、試験コード取付け等も安全に行うことができます。

電流引き外し型の組合せ試験で、最小動作電流試験は良好なのに、動作時限が長くなる場合があります。msec 単位の動作時間に対しての電源のステップ立ち上がりが遅くなることが原因と考えられます。時限測定値に疑問がある場合、単体試験と組合せ試験の結果を比較することで判断ができます。

・発電機のエコモード運転

試験前に暖機運転をしておくと安心です。発電機発エコモードは解除しておきます。発電機の出力抑制が行われ、追従が機械的な慣性などで遅れるためと考えられます。最小動作電流試験は OCR の表示確認で行うため、出力電流急変が無く、エコモードの影響はありません。

・発電機（インバータ）の容量不足等

VCB 組合せ試験で、試験電流設定値が大きい場合に、動作が不安定になる場合があります。電流設定時の発電機のうなり音の変化、VCB のチチチ音（トリップコイル動作不安定音）に注意します。電源ケーブルが長い場合は、ケーブルインピーダンスによる減衰が生じるので、ケーブル長は最小限にします。巻いたままの電工ドラム等は使用できません。

・試験方法での対策

電源容量不足が疑われる場合、整定を小さな値に変更して試験します。OCR 動作は整定値の倍数によりのみ決定されます。静止型では整定値をヒステリシスなく変更することができます。cpu の数値演算結果によって動作しているためと考えられます。限時の時間測定で、300％は使用整定値で試験し、500％は小さな整定値で試験しても、得られる測定値は同じです。VCB 組合せ試験を時限 300％で行い、

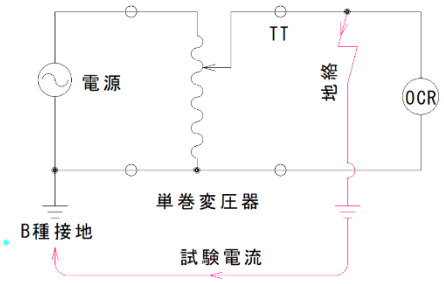
他の試験を電源負担の少ない OCR 単体で行っても、一定の結果は得られます。

② 自電源（B 種接地の影響）

年次点検では、受電中キュービクルのサービスコンセント等を試験機電源とする、自電源試験も行われます。時限の測定は、試験機電源喪失によるカウンタ停止によります。トリップ信号の取り出しは無意味（VCB 接点取り出しは極めて危険）です。

試験前に VCB 切によりキュービクルを停電し、TT 端子の分離と CT 側短絡（短絡しなければ試験のための受電時に TT 端子に高電圧発生）を行います。試験電源とする電灯変圧器の他の高圧部は、LBS 等で切り離します。容量十分の電源が、発電機などの準備無しに試験用電源が得られますが、下記により、停電中の他電源試験が安全です。

・B 種接地の影響



自電源では、試験機の電流発生部が B 種接地された電源に接続されます。電流調整部の入力と出力が絶縁されていない試験機（IPR 等）を使用する場合、TT の二次側に地絡（絶縁不良又は RPR 増設等での CT 二次回路の不用意な接地）が生じて二点接地の状態となると、地絡部から B 種接地を経由しての試験機電源部への分流回路が形成されます。設定位置で調整した試験電流が OCR へ流れず（BD 共通の場合は OCR 試験電流は殆どゼロ）、試験は不調となります。測定結果に疑問がある場合は、3-3-2）節の試験位置で OCR をロックして電流設定を行う方法、又は試験機出力電流計と受電盤高圧電流計の指示差での確認方法があります。

電源側に ELB があると、試験電流が地絡電流と判別され、試験時に ELB 動作して停電します。専用の試験用電源（商用電源の B 種接地を共用しない電源）が安全です。他電源でも、試験機が同じであれば、同じ方法で試験操作ができると信じ込むと、おかしな現象が生じます。

・高圧充電部の作業安全

VCB 劣化での動作不良（経年劣化でよく生じる、再投入ができない等）の対応、勘違いによる高圧部接触による感電、多頻度の電源投入による設備損傷等の恐れもあります。試験時に高圧安全管理までを行うと、大きな負担になります。試験途中で、他電源（停電試験）と自電源（受電中試験）の変更をすることは極めて危険です。トリップ接点の変更忘れ等で重大事故になる恐れがあります。

※　切り離しができない変圧器には試験毎の受電で突入大電流が流れます。コンデンサが接続されていると、突入大電流と、外付け放電コイル無しの場合に残る残留電荷（内部放電抵抗のみの場合は 5 分後に 50V）による異常電圧発生の危険があります。

③ 工事用仮設電源

OCR 試験では試験電流の電圧波形歪はあまり問題になりませんが、他の作業（溶接作業等）での電圧変動が大きくなると、測定値が不安定になることがあります。仮設電源を使用して、受電が ELB であると、前項の ELB 誤動作により、他工事を含めての停電となることがあります。

3-2. 動作特性試験（電力使用申込書記載事項の確認）　　top へ

最小動作電流（短絡感度）、限時特性、瞬時動作電流、瞬時時限（短絡事故除去時間）を測定してOCR と VCB が良好であることと、竣工試験では、電気使用申込書に記入した保護協調の数値の確認を行います。アンダーライン項目が電力使用申込関連項目です。限時特性と瞬時動作電流は使用申込書では要求されていません。設備特性を考えての主任技術者の判断に任せられていると考えています。

3-2-1）最少動作電流（短絡感度）

電力使用申込書の記載事項です。試験電流を漸増し、限時動作が開始する電流を測定します。他の試験とは異なり、動作満了前に測定を終了するので、OCR は動作せず、ターゲットは落ちません。0.1A 単位で読み取るために、整定値付近では試験電流をゆっくり増加させます。

誘導型（新設されることは無い）では、円盤が回転を始める電流（ピクリと動く）が始動電流です。始動しても、可動部の機械的な摩擦抵抗、使用中 OCR では保全不良（ゴミ清掃、可動部への給油不良等）で、円盤が途中停止して接点閉にならない（動作しない）ことがよくあります。若干の試験電流増を行い、円盤が回転を再開し、接点が閉じる電流が最小動作電流になります。接点汚損で動作しない場合は、目の粗い紙等で接点清掃を行います。

静止型では途中停止はないので、始動電流＝最小動作電流です。OCR 表面の始動表示灯の点灯、又は経過時間表示ディスプレイのカウント開始（MOC では 0 が表示、K2OC では表示されていた 0 が 1 に変化等）する電流を読みます。表示は日光等で見にくいことが多く、表示部の周辺を覆う等の準備が必要です。試験電流 1~2A 程度で「RUN」、「運転」等の表示の点灯を確認しておけば、試験電流が流れていることが分かり、安心して試験ができます。K2OC では 0 の表示が出ることで確認します。

電流整定値により電力使用申込の短絡感度が算出されます。4A 整定で CT 比 30 であれば、4×30×6600×1.2（CT 誤差 20%を見込む）≒0.95MVA になります。

※　限時（例えば 4A）の整定でなく、瞬時（例えば 40A）整定で計算しても、配変の短絡感度以下であれば、申込書は受領してもらえるようです。工事店等により、異なった値で申請されている場合も、1A 以内の整定変更であれば、竣工時に再調整してもトラブルにはならないようです。

3-2-2）限時特性

電力使用申込書の記載事項ではありません。受電設備の過負荷防止は事業者の責任であると考えられます。試験電流を限時電流整定値（最小動作電流）の数倍にステップ変化させて、動作時間を測定します。汎用試験機では設定位置で電流調整し、試験位置としてスタートボタン押しで行います。

竣工検査では、単体試験終了後に VCB 組合試験を行えば効率的です。動作時間は限時特性および TD の選択で異なるため、動作予想時間を試験前に調査（竣工では 2-1 節の公称値、年次では前回の実績）しておき、試験毎に正常であることを確認します。験電流の設定値が瞬時動作電流整定より大きい場合（700%まれに 500%）は、限時特性での動作前に、瞬時要素で動作します。動作時間が 0.1sec 程度で、異常に短いことで判断できます。試験前に、瞬時動作整定を試験電流以に仮変更しておきます。限時整定と瞬時整定が相互干渉しないように留意します。

3-2-3）瞬時動作電流

前項同様、電力使用申込書の記載事項ではありません。VCB 二次側高圧部短絡時の故障電流は kA 以上であり（4-3 節）、次項の瞬時動作時限が正常であれば、整定値に関係なく系統波及事故は防止できるためと考えられます。瞬時動作電流試験は瞬時動作がなされることの確認と考えることができます。

試験電流を、瞬時整定値を目安に速やかに増加させて、OCR が動作する電流を測定します。瞬時表示が相別表示と併せて動作することで判断できます。組合せ試験で、試験用電源の容量が小さい場合は、瞬時整定を小さくして試験します。20A整定であれば、9A発電機でも問題は生じないようです。

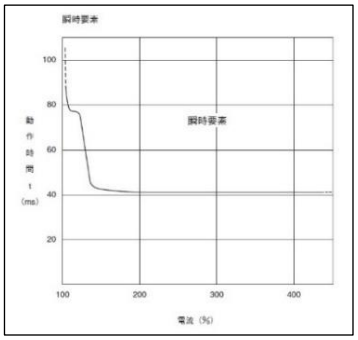
一般的な限時（TD）と瞬時（INST）の整定では、電流を整定値まで増加中に限時要素が動作するため、測定時には限時整定を最大値にしておく、または手動ロックしておきます。復帰を忘れると、限時要素が動作しなくなるので注意が必要です。

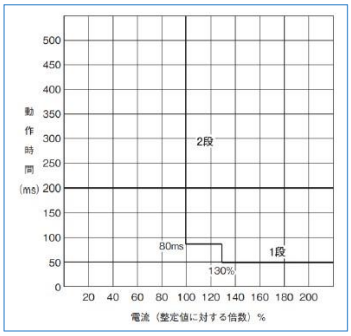
3-2-4）瞬時時限（短絡事故除去時間 0.1sec）

電力使用申込書の記載事項です。自所内の高圧部短絡事故発生の場合に、配電変電所のブレーカ（0.18sec 整定）を動作させない（系統波及事故を生じさせない）ことの確認です。受電用 OCR の実用上の最大の目的と考えられます。VCB 組合せでの動作が 0.1sec 以内（公称値である OCR 単体動作が 0.05sec 以内、VCB 単体動作が 0.05sec（3cycle）以内）を確認します。竣工試験では OCR 単体と VCB 組合せ試験を、年次点検では組合せ試験のみを行うことが一般的です。

試験電流を瞬時整定値以上までにステップ変化させて、動作時間を測定します。トリップ接点は、単体試験では OCR 補助接点に、組合せ試験では VCB の主回路にとります。単体試験のみ行う場合は、5）項により求める VCB 動作時間と併せて判断します。OCR 単体 0.035sec、VCB 動作時間が 0.03sec であれば、合計 0.085sec であり、0.1sec 以内が満足します。

私は、OCR が三菱 MOC の場合、瞬時動作時限は整定値の 150%（20A 整定の場合では 30A）で試験しています。メーカ取説での瞬時特性は、MOC-A1 型は図左、MOC-A3 型（2 段特性）は図右で示されています。いずれも、150%以上では 50msec の定限時特性です。VCB 二次側短絡時の故障電流は kA 以上であり（4-3 節）、150%で公称値 0.05sec 以下であれば、系統波及事故は防止できます。特性をリレーメーカ取説で調べておきます。





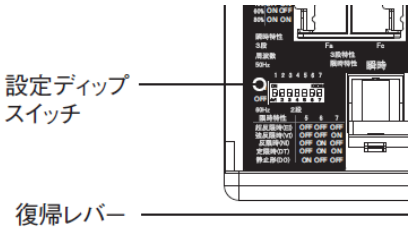
瞬時（動作）時限は保護協調線図の作成にも使用するので、竣工試験での必要事項です。年次点検の瞬時要素試験を瞬時動作電流ではなく、瞬時時限としている場合もあります。「VCB が 0.05sec で動作し、組合せでは 0.1sec で動作するはず」なので「瞬時時限の試験は不要」との考えであれば、OCR 試験そのものが不要です。受電運用中に、自所受電 VCB と電力変電所 VCB の同時動作事故が生じた場合の原因追及にも必要です。

※　PF-S 型の瞬時動作時間

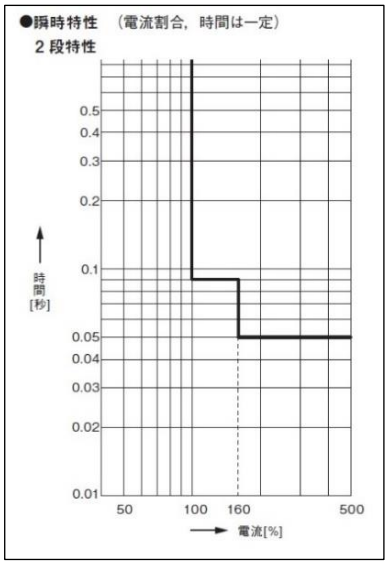
かつては短絡事故除去時間として 0.01sec が使用されていました。PF では半波遮断が公称値であるため、50Hz での場合の 1/50sec の 1/2 である 1/100sec が使用されていたと考えられます。現在は CB 型

同様の 0.1sec が使用されています。

※　瞬時特性の 2 段・3 段切替（試験電流・協調との関係）



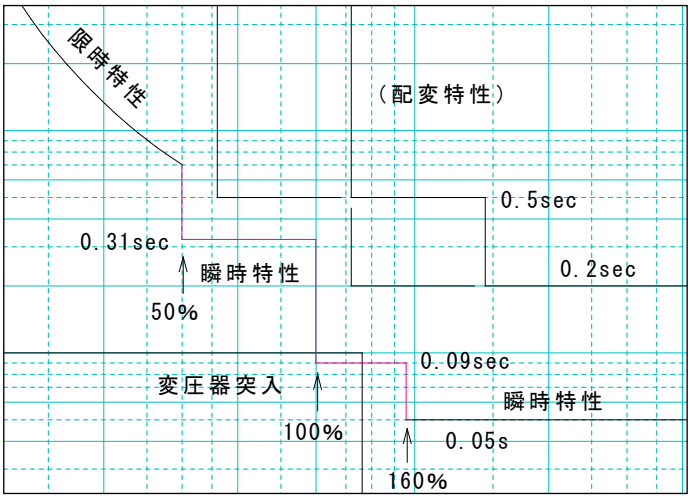
新型の、富士電機製 QHA 型・オムロン製 K2OC 型・三菱 MOC-A3 型は段特性です。リレー表面のディップスイッチの切替で、2 段及び 3 段のどちらの瞬時特性を使用するかを選択します。工場出荷時は限時が超限時、瞬時が 2 段特性に設定されています。K2OC 型の 2 段特性を示します。配変用 OCR と同様の形状です。100%～160%は 0.09sec、160%以上が 0.05sec となっています。



高圧受電設備での通常の使用では、2 段特性使用で良いと考えています。瞬時動作整定値の 200%で試験すると、メーカによらず、0.05sec で動作します。前述の MOC 型と異なり、0.05sec の時限は整定の 160%を超える試験電流で得られます。試験は OCR 設定（設定値を下げての）200%電流が良いと考えています。竣工試験では、併せて 150%を行えば段特性が確認できます。

VCB 組合せ瞬時動作は、160%までは VCB の 0.05sec を加えると 0.14sec になり、事故除去時間 0.1sec を超過します（私の測定例では、150%での VCB 組合せ試験では 0.11sec でした）。電力使用申込書の短絡除去時間に 0.14sec を使用すべきか？ですが、受電用 VCB の主目的である自所短絡時の電流は、5-3 節で記述するように 200%を大きく超過します。0.05sec であるとして、0.1sec で良いと考えています。

3 段特性での保護協調例を示します。赤線で示す 3 段特性は、瞬時整定値の 50%～100%までに整定可能な 0.31sec 動作範囲が、2 段特性に追加されています。この特性は



・限時特性での配変特性との重なりを避ける
・自所内での OCR 直列配置での特性の重なりを避ける
・2 段特性と共通である 100～160%で 0.09sec を使用して変圧器突入電流での誤動作を防止する。瞬時整定値を変圧器定格電流の 10 倍以下としても、重なりを少なくすることができる。

などとして使用できます。系統復電後の受電を 27 リレーにより電動バネ VCB の自動投入で行う設備では、特に有効になると考えられます。3 段（2 段）特性の効果を考えるためには、保護協調線図作成が役立ちます。しかしながら、一般的な高圧受電設備で、そこまで考える必要があるか？の感はあります。

三菱 MOC-A3 型では、3 段特性を選択すると瞬時の動作電流が設定値の 20%、40%、60%、80%の

選択になります。20%設定とすると、瞬時整定値が限時整定値の 10 倍程度の整定では、限時整定値の 2 倍の電流で瞬時動作します。限時動作が 0.3s 以上の領域では、瞬時動作となります。80%の設定を含めて、保護協調線図作成の必要性が更に大きくなります。3 段特性では限時試験時に、瞬時設定より十分小さい試験電流にも関わらず瞬時動作して慌てることも生じます。2 階特性を選択して限時特性と協調させる方が使用しやすいと考えています。保護協調線図を作成すると、分かりやすくなります。

3-2-5）VCB 動作時間推定

OCR 単体試験と VCB 組合せ試験の時間差で、VCB 単体の動作（開極）時間が推定できます。限時 300%試験で、単体 0.331sec、組合せ 0.366sec であれば、差である 0.366－0.331＝0.035sec が VCB の動作時間となります（2-4 節）。60Hz とすれば VCB 動作が公称動作時間 3 サイクル（0.05sec）を満足していることが分かります。1）～4）項までを単体で行い、トリップ接点入力を VCB 一次二次に移動して、組合せ試験を 300%または 500%で行うと、効率的です。併せて、VCB トリップコイル配線の良好確認ができます。

瞬時動作でも同様に推定ができますが、安定に瞬時動作を行わせるためには前 4）項のように、瞬時整定 150%（又は 160%）以上の試験電流が必要です。20A 整定であれば 30A 以上になります。試験用電源では、容量不足により、組合せ試験が不安定になる場合があります。

3-3. その他

3-3-1）レバー（TD）10 の試験（限時特性）

誘導円盤型では限時特性を、円盤の電磁的駆動力を制動するバネの調整レバーの位置で調整します。レバー10 は制動力が最も強く、動作時間が最も長くなる位置です。静止型ではタイムダイアル（TD）としての電気的な整定となっており、TD=10 がレバー10 に該当するものとなっています。誘導型では、公称値として、TD=10 での特性図がリレーの表面に図示されていました。静止型でも慣習的に表示されています。図はオ ムロン K2CA 型の 300%で 10 秒となっている反限時特性です。整定 TD での動作時間は、特性図の読み取り値に TD/10 を乗じることにより簡易的に求めていました。メーカカタログでの時限中央値は、300%では TD＝10 で 10sec、TD＝1 で 1sec ですが、500%では TD＝10 で 3.125、TD＝1 で 3.6 です。300%以外では TD/10 を乗じた簡略計算値は 10%ほどの差があります。

・TD＝10 での試験

組合せ試験で VCB 動作 0.05sec が含まれると、OCR 動作が 0.5sec 以下の場合、誤差 10%以上になります。TD=10・300%では、10sec なので 0.5%となり、軽減されます。かつては時間測定にサイクルカウンタが使用され、動作時間はサイクル数（1 サイクル 0.17sec）で表示されていたため、測定誤差を軽減することができました。現在は msec カウンタが使用されるため、メリットは減少していると考えられます。

・整定値での試験

保護協調を満足していることの確認が重要であると考え、私は整定値試験のみを行っています。誘導

型では機械的なヒステリシスで、調整レバーを移動すると、目盛位置のみでは元の状態に戻らない場合があります。TD=10 の試験後に常用整定値での試験を行い、保護協調が良好であることを確認していました。動作時間が 10sec では、動作するまでの間、OCR に大電流を流し続けます。また、数 sec 以上の試験に慣れてしまうと、1sec 以内で動作する、整定 TD での試験での異常に気付かないことも生じます。本体の補助接点（a1-a2 等）と msec カウンタ（試験機付属）を使用すると、短い動作時間でも正確に測定できます。静止型では、誘導型の誤差となる「物理的な引っ掛かり」は発生しません。

3-3-2）試験電流の設定方法

IPR 等での試験電流設定には、切替スイッチを設定位置での内部模擬抵抗による方法と 、試験位置で OCR をロックして実電流を流しながら行う方法があります。後者がより高度な方法であり、指定される場合があるとも聞きます。しかしながら、IPR 等は電源調整部にスライダックを使用する、誘導性を持つ試験機です。模擬負荷であっても実電流であっても、設定時は定常電流ですが、試験時は過渡現象を含む突変電流になります。試験電流と設定電流には差が生じます。試験電流と設定電流を一致させるためには、無誘導である水抵抗、最低でも無誘導試験機である TPR 等の使用が必要です。無誘導試験機は電源スライダックに巻き戻しを行う等により、電源部の誘導性を減少させたものです。

高圧設備で汎用試験機（IPR 等）を使用が認められる試験であれば、どちらの設定でも良いと考えています。試験配線は短かく、OCR、VCB を含む試験回路のインピーダンスはトリップコイルの抵抗（10Ω）が主で、試験機の内部抵抗より十分に小さいと考えられます。私は、安全性と時間短縮を考えて、設定位置での電流設定を行っていますが、2-4 節の試験結果例のように、ほぼ公称値と同じ値が出ています。

3-3-3 ）異常に備えた試験操作

開始ボタンを押せば試験が終了し、試験機は自動停止するとの考えは危険です。試験電源の不具合、調整抵抗の抜過ぎ、トリップ信号の取り付間違い・クリップの外れ、VCB の本体トリップ動作不能等の、自動停止が失敗する原因は多数あります。停止ボタンに常に指をあてておき、停止が遅いと感じられる場合は直ちに停止できる態勢をとっておきます。試験電流を流したまま放置すると、最悪の場合は損傷します。開始と停止（赤ボタンと緑ボタン）の位置は試験機メーカによって逆になります。図上は S 社、図下は M 社です。

試験電流のクランプメータによる実測方法、トリップ端子を手動接触させての試験機停止等の試験機動作の現場確認方法を理解しておけば、動作がおかしいと思われる状態での配線確認にも有効で、より安全な試験が出来ます。

3-3-4 ）蓄勢型 VCB（手動及び電動機蓄勢）

高圧設備に使用される VCB は、手動操作レバーのワンアクションで投入する手動バネ型が一般的ですが、投入用バネ蓄勢を予め行った後に投入操作を行う蓄勢型も使用されています。パネル表面に蓄勢状態表示があることで判断できます。遠方操作用が主目的ですが、手動蓄勢もできる型では、専用パネルに取り付けることで、現場手動操作用としても使用されます。CTD がある場合も、CTD は OCR 動

作専用であり、蓄勢用電動機の駆動を行うものではありません。蓄勢用電動機は所内バッテリーで供給されます。VCB 組合せ試験では試験毎と、終了後の投入のための蓄勢操作が必要です。手動での蓄勢方法は機種により異なります。取説等での確認を行います。

手動蓄勢ができる場合の試験操作のための投入、開放は下記のようになります。

・蓄勢操作：付属の蓄勢ハンドルをパネル面に挿入し、投入用バネを蓄勢する。蓄勢方法は、連続回転させる、所定角度（45 度程度）を繰り返して捩じる等、機種で異なる。パネル面の表示・取説等に従う。

・蓄勢確認：バネ状態表示が「蓄勢」になったことを確認して蓄勢操作を終了する。

・投入：投入レバー等で投入する。蓄勢されたバネは投入に使用される。状態表示は「放勢」になる。

・開放：状態表示（蓄勢・放勢）に関係なく開放レバー又は OCR 信号でトリップ動作を行う。開放動作には投入時に蓄勢される専用のバネが使用されるため、投入状態であれば蓄勢表示には関係なく開放できる。

試験後の再投入には蓄勢を行います。右上図は連続回転での蓄勢型です。白矢印が蓄勢ハンドルです。取り外して、すぐ上の差し込み口に取り付けて巻き上げます。投入位置（赤表示）で蓄勢（黄表示）となっている状態です。投入状態で蓄勢表示があるので、開放後のもう 1 回の投入、開放（O－CO）が可能と考えられます。

右下図は反復操作（内部クラッチ使用）蓄勢型です。投入位置で放勢表示になっています。機構部の油脂劣化による蓄勢操作不良が発生しやすい型です。機構部（クラッチ等）への清浄材使用で蓄勢可能となる場合がありますが、ほとんどの場合、すぐに不良となります。

不具合が疑われる場合（過去の点検が異常に長くかかった実績がある等）は試験を中止します。現場に蓄勢ハンドルが無い場合、試験後の再投入ができなくなる恐れがあります。動作試験は行えません。遠方操作の必要が無く、更新推奨年数超過の場合は、故障の少ない手動バネ型への更新が安全です。

※　遠方制御用の蓄勢型 VCB（手動蓄勢機能が無い）の試験は本体を引出し、断路位置で行います。専用カプラを使用して電動機制御用電源とシーケンスを活かす、面倒な作業になります。挿入位置への押し込み、二次側が充電されても危険でない状態で行います。遠方投入用のシーケンスを理解するためには多大の時間がかかります。遠方信号での不必要投入による高圧誤送電が無く、安全である、事業所全停電時の試験を行います。

４．関連事項　　top へ

4-1. CT 過電流定数（ｎ値）

CT には磁心の磁気飽和特性により、定格電流の何倍の電流まで歪なく流せるかを示す過電流定数ｎが定義されています。キュービクル等で多用されている三菱 CD-40K は n>3 です。この値では、CT 二次電流 5A×3＝15A 以上では、二次電流がひずむので、正確なリレー使用はできないことになります。しかしながら、ｎ値と同様に、実使用中の負担電流等により決定される実力値ｎ’も定義されています。CT に磁気飽和が生じるまでの余裕を見たものです。CD シリーズでは次の式で説明されています。

ｎ’＝ｎ×（CT の定格負担+二次漏洩 VA）／（使用負担＋二次漏洩 VA）

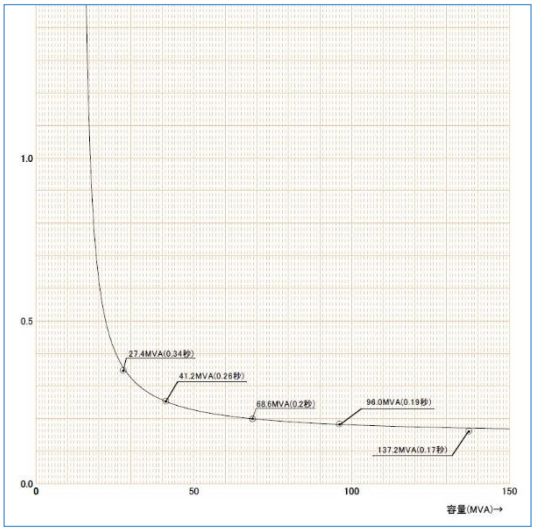
通常の CT 電流は定格 5A より小さい等のため、ｎ’はｎの数倍となります。2～3 倍とすれば 40A 程度までは使用可能となります。テキスト等ではｎ>10 の CT 使用が推奨されていますが、CD-40K（ｎ>3）使用であっても、メーカ組み込みの場合に取り換えを要求することは困難なようです。高信頼性のために大きなｎ値が必要であることを、状況によってはコメントする必要はあると思います。最近の設備では、ｎ>10 の CT（CD-40NA 等）が使用されているところが多くなっています。二次漏洩 VA（インピーダンス）は n=3 で概 5VA、n=10 で 10VA 程度です

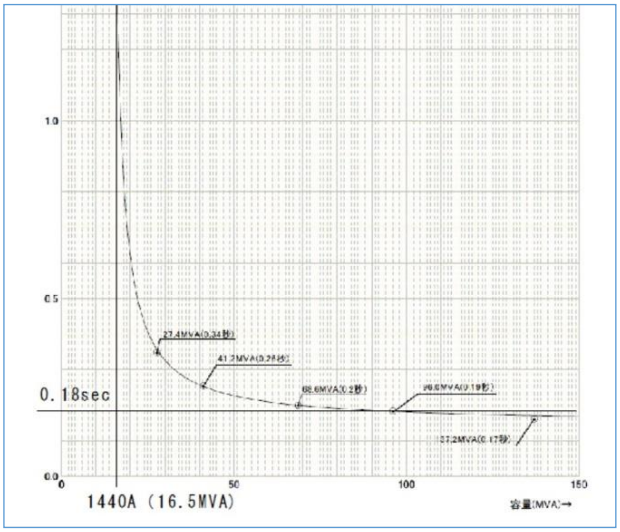
ｎ>3 の CT で瞬時整定を 50A 以上にする場合は注意が必要です。変圧器増設などで瞬時が 60A 設定になっている例もあります。OCR 整定は CT 特性も含めて考えるべきであり、良好な整定とは言えません。

4-2. 配電変電所 OCR との協調　　top へ

・アナログ型

配電変電所（都市部）で使用されていたアナログ型 OCR の整定例をご紹介します。下図・左のようになっています。電流ではなく短絡容量 MVA での表示となっています。





デジタル型の大容量での 2 段階動作は、第 1 段が 720A-0.5sec、第 2 段が 1440A-0.5sec です。1440A・6.6kV の容量変換値は 1.732×6.6kV×1440A＝16.5MVA となります。

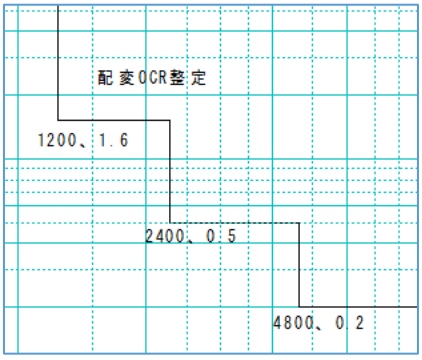
瞬時動作時間 0.18sec を併せて書き込むと右図のようになります。3 節で説明した、大容量配電線での段設定と考えての整定を行っても協調が取れると考えられます。図では OCR 動作の短絡容量は 0.2sec では 68.6MVA、0.18sec で 100MVA となっています。

デジタル 2 段型、デジタル 3 段型の採用が進んでいます。

・デジタル 3 段型

大電流配電線で、瞬時 3 段特性を使用した整定です。三菱 MOC-A 型等と同様の特性です。1 段目が 1200A-1.6sec、2 段目が 2400A-0.5sec、3 段目が 4800A-0.2sec です。大電流部の 0.2sec 動作はアナログ型等とも同じです。

受電設備 OCR とは限時特性との余裕が大きくなるので、2 段特性で考えて整定しても安全です。



4-3. 短絡故障時の動作

top へ

受電設備で、高圧部又は低圧部で短絡故障が発生した場合に生じる短絡電流と、安全に遮断するために必要な保護協調を考えます。

4-3-1）高圧部短絡

① 短絡時の現象（短絡電流）

受電設備高圧部又は引込ケーブルの短絡時には、設備容量及び使用中の負荷電流には関係なく、配電線から短絡点に向かう、配電系統の短絡容量により決定される電流が流入します。短絡容量は系統毎に 50MVA~100MVA 程度になるように、配電変電所で系統の切り分けが行われています。都市部、変電所の近く等では、より大きい場合があり、電力配電所への問い合わせると分かります。前節の配変アナログリレーの整定例では、瞬時動作 0.2sec での動作が 68.6MVA、0.18sec の動作が 100MVA となっています。

受電用 VCB は二次側での短絡電流遮断のために、系統短絡容量により、定格遮断電流 8ｋA（100MVA 用）又は 12.5kA（160MVA 用）のいずれかが選択されます。OCR 用 CT 比が設備容量により選択されることとは異なる根拠によります。

例として都市部ではない、短絡容量 59MVA の場合の所内高圧短絡での電流を考えます。短絡時に系統から流入する電流は、引込ケーブルのインピーダンスを無視すれば、

59000kVA ÷ 1.732 ÷ 6.6ｋV ≒ 5200A

概 5200A の電流が、配電系統から引込高圧ケーブルを通過して、短絡点に流れ込みます。

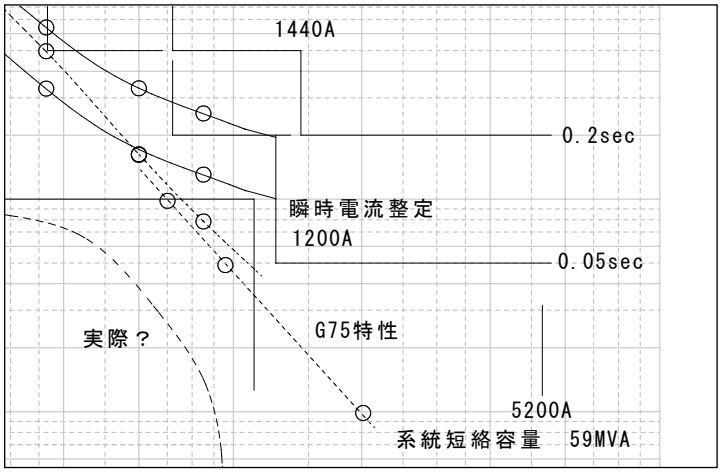
② 短絡時の保護協調

3 節での協調線図の大電流部分に、短絡電流 5200A を書き込んだものを示します。それぞれの瞬時動作時限は

配変 OCR　0.2sec

自所受電 OCR　0.05sec

PF75G　＜0.05sec



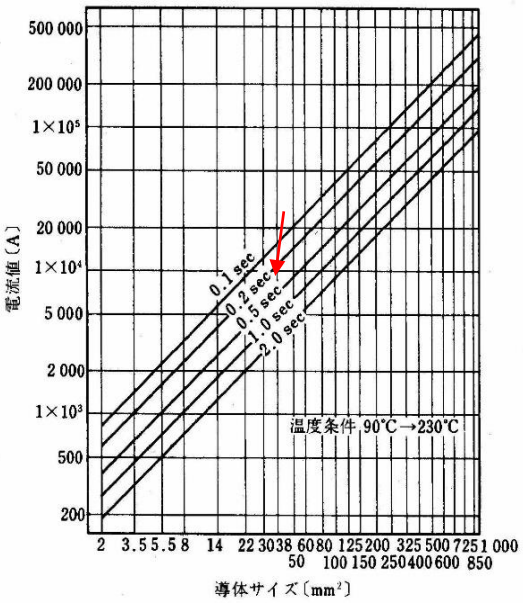
短絡電流 5200A は瞬時整定 1200A の 400%以上であり、配変 OCR、自所受電 OCR、第二変電 LBS パワーヒューズ（PF）共、全てが瞬時動作領域です。動作順位は、時限によって決まります。PF→需要家 OCR→変電 OCR の順であり、末端部ほどの動作時限が小さく（早く動作して）、停電範囲を最小化するための保護協調がとれていることが分かります。所内の受電と第二変電の OCR 動作時限は同じく 0.05s なので、動作順位は付けられません。波及事故防止のために配変 OCR が要求する、受電点での 0.18sec 以内の VCB 動作を満足させるためです。

4-3-2）高圧引込 CV ケーブル等のサイズ・容量

引込ケーブルサイズは、通常の負荷電流による発熱ではなく、系統短絡電流による短時間の急速な発熱を許容範囲内として、ケーブルを保護するために決定されます。引込ケーブルの短絡事故電流遮断は、配電変電所 CB 動作でのみ行われます。変電 OCR 整定が 0.2sec、VCB 動作時間が 0.05.であるので、0.25sec 間は系統短絡電流が流れます。

ケーブルサイズと許容電流は短絡時の遮断時間別に、90℃で運用されているケーブルの温度上昇を 230℃まで許容するとしての計算結果の例が、右図に示されています。

（オーム社　ケーススタディ現場の電気計算技法　第 2 集　p.81　千葉幸著）。



図より、故障電流 10kA（短絡容量では 1.732×6.6×10≒110MVA）の場合、38sq 以上が必要になることが分かります。故障時には、系統のみでなく、自所又は近隣設備からの、モーターコントリビューション等による故障電流も供給されます。短絡容量が 100MVA に近い配電系統に接続する場合は、余裕を見て、60sq の採用が安全です。

第二変電送り等のケーブルで、受電点用の瞬時 0.1sec で動作する VCB（LBS）の二次側）である場合は 38sq で可となります。しかしながら、需要家 VCB の保全状態・信頼性を考えると、ケーブルサイズの余裕は取るべきであると考えられます。ケーブルサイズの決定には、他に、ケーブルインピーダンスによる電圧降下、電磁振動、機械的外力に対する安全強度等の検討も必要です。

※　受電用 PAS

PAS はスイッチです。短絡電流の遮断はできません。短絡故障時には付属 SOG の SO 機能によりロックされ、配変 VCB の動作（0.25sec 後）による停電を確認して開放されます。この間、PAS には短絡電流が流れるため、保護として、定格短時間許容電流値（1sec、定格電流 200A では 8kA≒90MVA）が保証されています。短絡地絡状態で、SO 動作不良により G 動作（概 0.15sec）での開放を行うと、PAS は噴破します。

4-3-3）変圧器二次側直下短絡（配電盤 MCCB 遮断容量 Icu の選定）

変圧器二次（低圧側）端子から配電盤 MCCB 一次までの短絡は、kA レベルの大電流が流れる、高圧部短絡に近い事故（爆発・火の玉発生）となります。変圧器二次側直下短絡と呼ばれます。

①　発生する現象と短絡時の事故電流

配電盤ブレーカ一次側での短絡事故例を右図に示します。ハンドル入り位置のままで、ブス接続バーが溶損しています。保護カバーは吹き飛んでいました。隣接 MCCB の一次側までが連鎖的に噴破する、配電盤の大事故が生じています。

接続バー取付ネジの締め付け不良による発熱での本体絶縁劣化、一次側端子への異物接触、水濡れ（水没等の場合は B 種接地を解線してのメガ確認必要）等の原因があったと考えられますが、詳細は不明でした。分電盤等と同様の「低圧部」ではないとの認識で、異物接触などが生じないように厳重に対応する必要があります。日常点検での温度測定、停電作業での点検清掃も必要です。

短絡電流 Ic は、変圧器の定格二次電流（In）にはよらず、高圧側短絡容量が変圧器の%インピーダンス（%Z）によって制限された値になります。超概算としては In と%Z により求めることができます。100kVA 電灯（単相）変圧器、%Z が 3%の場合超概算を示します。

In　＝　100000÷210　＝　476A　：三相変圧器の場合の In は√3 で除して求めます

Ic　＝　476÷（3/100）≒　16,000A

メーカによる詳細計算説明と早見表の例を次項の分電盤用 MCCB の選定でご紹介します。MCCB 二次側短絡の場合は、ブレーカの選定が次項のように、正しく行われていれば、ブレーカ動作により安全に遮断されます。

※　配電盤母線の一相地絡

ABD 種接地が共通のキュービクルでは、異物等の接触、作業ミスによる工具等での一相地絡は、相間相絡事故になります。極性相（R 又は T 相）→巨体金属部→共通接地端子→B 種接地線（S 相）です。事故例では、中相接地なので、左相が地絡したとも考えることができます。D 種と B 種が分離されている場合は、それぞれの接地抵抗が直列に入って制限抵抗となるので、相間短絡よりは低減されます。

② 配電盤用 MCCB の選定

配電盤用 MCCB の二次側直近で短絡事故が生じると、負荷電流に関係なく、前項の直下短絡電流 Ic と同じ短絡電流が生じます。二次側短絡時の保護のためには、MCCB に Ic を安全に遮断する能力が必要です。

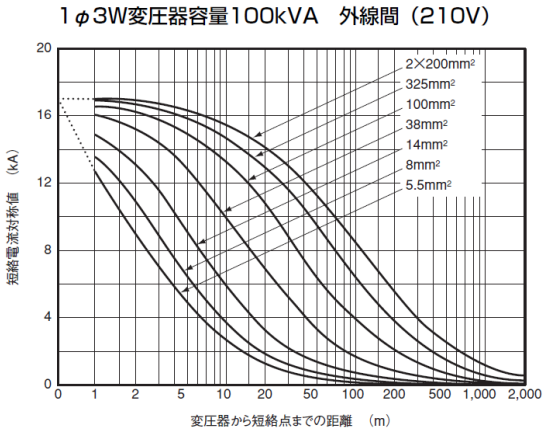
MCCB 規格には、VCB 同様に定格電流（In）と、短絡故障に対する定格限界遮断容量（Icu）があります。In の値はハンドルに表示されています。Icu の値はブレーカ本体に、図の赤枠で示しているように、JIS としての電圧階級毎に記入されています。動作責務により、Icn とも呼ばれています。Icu 以上の大電流を遮断すると、遮断不能による MCCB 噴破が生じます。配電盤 MCCB が安全に遮断動作するためには、Icu＞Ic とする選定が必要です。Ic が 16kA とすれば、Icu が 25kVA（一般的な値）以上であれば安全です。図の MCCB では AC220V の Icu が 30kA であるので、安全となります。

配電盤での MCCB 増設などで、定格電流 In のみが考慮されて、Icu が小さいブレーカが使用されることがあります。不適切な例を右図に示します。左側は In＝100A・Icu＝10kA、右側は In＝ 50A・Icu＝25kA です。体格が定格電流ではなく、Icu によることが分かります。左側は分電盤受電用の MCCB が配電盤に増設されたと考えられます。キュービクル外部へ引出すケーブルは、出口近くで短絡するおそれがあると考えて、定格電流 20A であっても、配電盤用 Icu を持つ MCCB が必要です。VCB の定格遮断電流（一般的には 8kA 又は 12.5kA）が受電設備の負荷電流ではなく、系統短絡容量により決定されることと同様です。

※ 高圧部での保護

短絡時の低圧側最大電流を 16kA とすれば、高圧側換算では概 500A（210/6600）です。CT 比 10 では T 二次電流 50A です。受電 OCR の瞬時整定が 30A であれば、瞬時動作領域です。しかしながら、二次直下事故を OCR により保護することは困難です。変圧器の%Z、短絡部の抵抗、短絡継続時間が動作時限より短い等が要因と考えられます。個別変圧器の一次側 LBS パワーヒューズも同様です。配電盤以降の保護には、適正な MCCB 設置が必要です。LBS 受電設備で、配電盤 MCCB の In が大きい場合のパワーヒューズ（PF）の選定には。キュービクルメーカのノウハウも存在すると考えられます。

③ 分電盤用 MCCB の選定（電流早見表）



配電盤用同様に、負荷電流のみによる選定は不適です。しかしながら、分電盤は配電盤ブレーカの保護下であり、ケーブルインピーダンスで Ic が制限されるため、配電盤より Icu の小さなブレーカの使用が可能です。一般的には、配電盤では Icu が 25～50kVA、分電盤では Icu が 2.5~10kVA 程度が使用されます。

Ic の変圧器容量と配線毎の早見表（現場確認には便利）と、詳細な計算方法が河村電機殿ホームページに説明されています。

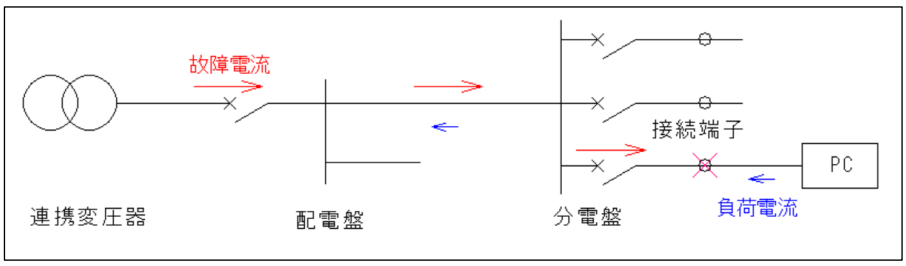
https://www.kawamura.co.jp/catalog/pdf/DB-113.pdf

単相 100kVA 変圧器の場合を、河村電器殿ホームページから転載して示します。ケーブルサイズと距離により短絡電流が小さくなっていることが分かります。変圧器二次直下の場合は距離 0mとなり、前出の超概算と近い、概 16kVA となっていることもわかります。

※電圧測定での注意

IEC のカテゴリーでは配電盤一次側（変圧器二次端子直結）は CAT. Ⅳです。竣工時等の、配電盤 MCCB が投入できない状態での、CAT.Ⅳ対応でない測定器（ポケットテスタ等）での MCCB 一次側の電圧測定は、本質的に危険作業です。サージ波等でテスタが内部損傷した場合は、二次直下短絡事故になります。右図は 600V-CAT.Ⅳ用のプローブです（鉛筆は比較用）。赤は CAT.Ⅳ対応状態、黒は先端キャップを外しての CAT.Ⅲ（MCCB 二次）対応となった状態です。大きさ、保護用鍔等の形状からも、コンセント出口等の CAT.Ⅱ（ポケットテスタ）範囲との潜在する危険性の違いが想定できます。

④　太陽光発電設備用 MCCB



太陽光電池発電時の通常運用では負荷電流（100A 程度）が PC（パワーコンディショナ）から変圧器へ流れますが、PC と MCCB 間（例としては相間の離隔が少ない屋外接続プラグ等）で短絡が生じた場合は、系統連携の変圧器から逆方向の電流が生じます。発電のために配電盤から分電盤までのケーブルサイズが大きい場合は、二次直下短絡に近い電流（kA 以上）となります。配電盤・分電盤共に、Icu を考慮した MCCB を選択しておかないと、MCCB 焼損事故となる場合があります。

4-3-4）開閉器・遮断機の機能及び構造と動作協調

流れている電流は、電路を開くと、無条件に消滅する（切れる）のではありません。100V でも、電気ポットを使用のままコンセントを引抜くと、火花（アーク）が発生することがあります。高圧部電流の開閉では必ずアークが発生します。アークを抑制する（消弧）対策が無ければ、線間の爆発的な短絡になることがあります。消弧能力（遮断機能）と使用頻度により、負荷電流と故障電流の違い、開放（スイッチ）と遮断（ブレーカ）の違いを理解して、スイッチ又はブレーカを選定することが、安全運用に必要です。

スイッチ類は、ほとんどの高圧受電設備では単独に動作します。複数の機器が直列である場合も相互確認シーケンス等はありません。負荷電流の開閉能力が無い DS（断路器）でも、操作しようとすれば、いつでも手動での「開」操作ができ（一部ロック機能付きがあります）、受電時の不用意な操作では、長大なアークを発生する重大事故になります。

ブレーカ及びスイッチの機能と OCR 等保護リレーとの関係の概要は次のようになります。

・ブレーカ（VCB、GCB、OCB 等）

負荷電流の開閉と、高圧短絡時の故障電流（6.6ｋV では 8KA 以上・5-3 節）の遮断（Break）を行います。電流遮断時に発生するアークを、接点部の真空、封入された SF6 高圧ガス、絶縁油の特性により抑制・拡散させて消弧を行います。GCB、OCB では補助的に吹き消しを利用するものもあります。進相負荷等の小電流開放時に発生するサージ保護が必要な場合があります。

高圧用では VCB が使用されます。図は一般的な手動バネ投入型の機構部と、電流遮断を行う真空バルブです。手動投入、現場 OCR による内部蓄勢バネによる開動作が一般的ですが、電動バネによる遠方操作が可能な蓄勢型もあります。3-3-4 節に蓄勢型の操作方法を説明しています。

主接点の開極距離が小さいため、誤接触による事故を防止するために直列に断路器が設置又は、本体引出等による断路機構が使用されています。VCB を安全に使用するためには、絶縁抵抗測定のみでなく、メーカからは、給油・真空度チェック等を含む定期細密点検が推奨されていますが、需要家設備ではほとんど実施されていないのが現状です。古くなると、ギア部のグリス硬化等が原因と考えられる投入不良が発生することがあります。

・負荷開閉器（VCS 等）

負荷電流の多頻度開閉を行います。コンデンサ（力率調整用）、電動機起動停止等の高圧機器運用に使用されます。故障（短絡）電流の遮断能力は無いため、短絡保護のために PF（パワーヒューズ）が直列に、本体内部又は外部に接続されています。PF は手動引き外しによる断路にも使用されます。

VCS は真空バルブ内の主接点を、制御回路によるマグネット（左の茶色部分）で開閉します。投入位置で常時励磁の場合は、コイル保護のため、節約抵抗（図・右の緑色）がコイルと直列に投入され、コイル印荷電圧を低減します。長期使用されている場合、抵抗が過熱により劣化し変色することがあります。

ごくまれに、自電流により発生する磁界を利用してアークを引き伸ばして消弧を行う MBB 型が残存しています。気中消弧室の横に磁極用の金属板があることが特長です。

保護動作は 2E（過負荷・欠相）又は 3E（2E＋逆相）リレーで行います。欠相を原因とする電流増加が生じ、OCR でも検出される場合は、OCR での動作もあります。

・PAS（柱上開閉器　Paul　Air　Switch）

高圧需要家の引込点などでの、小頻度の、負荷電流までの開路と投入を行い、開路により停電した回路の区分（断路）を行います。開閉時に発生するアークは、次項の LBS 同様に本体内部のアークシュートに引き延ばして、気中で冷却消弧します。短絡（事故）電流の遮断能力はありません。一般的には

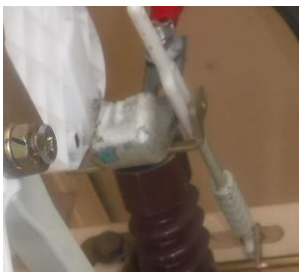
数百 A までの開閉が可能です。

投入は引き紐による手動のみです。投入のための補助力がないので、力を入れて（両手で）引き紐をひきます。開放は投入時に蓄勢されたバネが使用されるので、軽く引くことで動作します。高所に設置されていることが多く、動作状態確認は本体横のヤジロベーの方向で行います。G 付 PAS の SOG 動作による開路の場合は、ヤジロベーは動きません。SOG は PAS 内蔵 OCR 過電流時に開動作をロックし、停電を確認して開動作する（故障電流遮断を行わない）機能が付属しています。付属 PF が無いため、PAS 二次側の故障であっても、故障電流遮断は電力配電所のブレーカに委ねるものとなっています。配電所の OCR 動作が 0.2sec、CB 動作が 0.05sec であるため、所内短絡の場合は 0.25sec の間は PAS に短絡電流が流れます。PAS には 1sec の 8kA 又は 12.5kVA の定格短時間耐電流があります。SOG が無く、負荷電流を含む電路の開閉のみを目的とする、高圧負荷開閉器もあります。

PAS 同様のものとして、SF6 ガス封入により開閉能力向上させて、小型軽量化をした PGS が使用されていました。ガス漏れによる不良動作が多発（特に投入時）したため、現在では、PAS では消弧が困難な進相電流 10A 以上の開閉が必要な場等の特殊用途に使用されます。

・LBS（Load　Break　Switchi）

負荷電流までを機構部の接点（主接触子及びアーク接触子）で開閉し、過負荷・短絡電流を接点付属の PF（パワーヒューズ）で遮断します。PF が動作（溶断による電流遮断）すると PF 内部のストライカが突出し、引き外し機構部を動作させて、投入時に蓄勢されたバネにより、三相同時に開路されます。短絡動作の場合は、PF 溶断までの大電流が本体に流れるため、接点損傷の恐れがあるので全体更新が安全です。機構部接点による負荷電流の開閉は、アーク接触子によりアークをアークシュート内で発生させ、発生するガス及びアークが引き延ばされることで消弧させます。アーク接触子と主接触子が分離している場合は、主接触子が動作後にアーク接触子が開きます。アーク発生は進相電流の開放で大きくなります。変圧器一次用としての設置では、ほとんど認められない場合もあります。



経年劣化により、機構部が固くなることがあります。図では鉄錆びが発生しています。機構部が固くなると、停電のための開放動作が不具合になる、投入位置が甘くなり受電中に自然開放する事故が生じる場合があります。対策として機構部に耐熱性のある専用グリスを給油します。LBS の投入・開放操作が驚くほど軽くなります。接点部の清掃給油も可能です。図は主接点が汚損（緑青発生）していた例です。清掃後、機構部にはある程度厚みを持って、主接点及び補助ブレードには出来るだけ薄く（指で触れて油分を感じる程度）グリスを塗布します。

投入は手動のみです。開放は手動と、OCR 又は DGR 等により LBS 付属のトリップコイルを駆動して、投入時に蓄勢されたコイルバネとストライカ機構により行う場合があります。リレーは過負荷または短絡時に負荷電流以上の電流の開放動作を行わないように整定する必要があります。次節の 4-4-③に記述します。リレー動作の場合は、機構部への給油の必要性が更に大きくなります。

・断路器（DS）

停電中の電路を断路（機械的に区分）して、スイッチ等の誤動作があっても、電路の充電を防止することが目的です。消弧能力がなく、負荷電流の開閉・短絡電流遮断は不可です。断路のために、開極距離は最も長くなっています。無電圧を確認して操作を行います。リレー等による自動操作はありません。劣化して操作が硬くなった場合は、LBS 同様に軸受け部への給油（グリスアップ）が効果的です。三極型（LS、ラインスイッチ）等では系統切り分け時の無負荷充電電流に対応するため、10A 程度以下の開閉が可能な型もあります。

PF の無い LBS が負荷電流までを開放できる DS として使用されている場合があります。過電流の遮断能力はありません。パネル取り付けの固定式 VCB 等の場合では、電源側の必要条件（誤投入対策）として DS が設置されます。引き出し式で、断路位置がある電動蓄勢型では設置されません。系統の安全性を確認して投入位置とします。受電中の誤開放を防ぐための VCB とのインタロック機構がある場合があります。

4-4. OCR での LBS トリップ（小容量受電設備）

top へ

VCB が必須ではない 300kVA 未満のキュービクルで、受電用 LBS を電圧引き外し型として、OCR 動作とした設備がみられるようになっています。右写真の矢印部が電圧引外し機構です。黄色部が引き外し（トリップ）コイルです。ヒューズ断検出用のストライカを動作させて、LBS の機械的開放を行います。コイル動作電源には、自電源（電灯変圧器）、VT 直結、CTD が使用されます。停電試験時を例として、電源を本節 5) 項で説明します。

※　電圧引き外し型 LBS は、出迎え方式の受電用、第二キュービクル送り用の DGR トリップ用、および高圧コンデンサ異常（内圧・膨らみ）・直列リアクトル温度上昇でのトリップ用でも使用されています。本節 6）項で違いを説明します。受電用ではない、LBS トリップで制御電源停止とならない場合は、コイル焼損防止のため、制御電源を切り離すパレットスイッチが付帯しています。

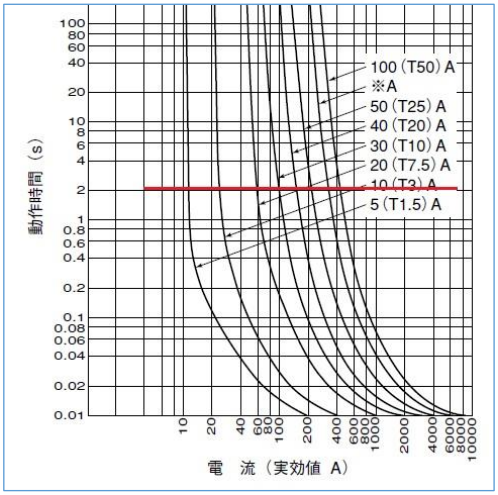
4-4-1 ）目的

変圧器の短絡と過負荷保護を PF のみによるより高度に行うためと考えています（必要性への疑問は感じています）。例として電灯 50kVA、動力 200kVA の設備を考えます。受電 LBS の PF は選定表により G50 が使用されているとします。

・短絡保護（小電流）

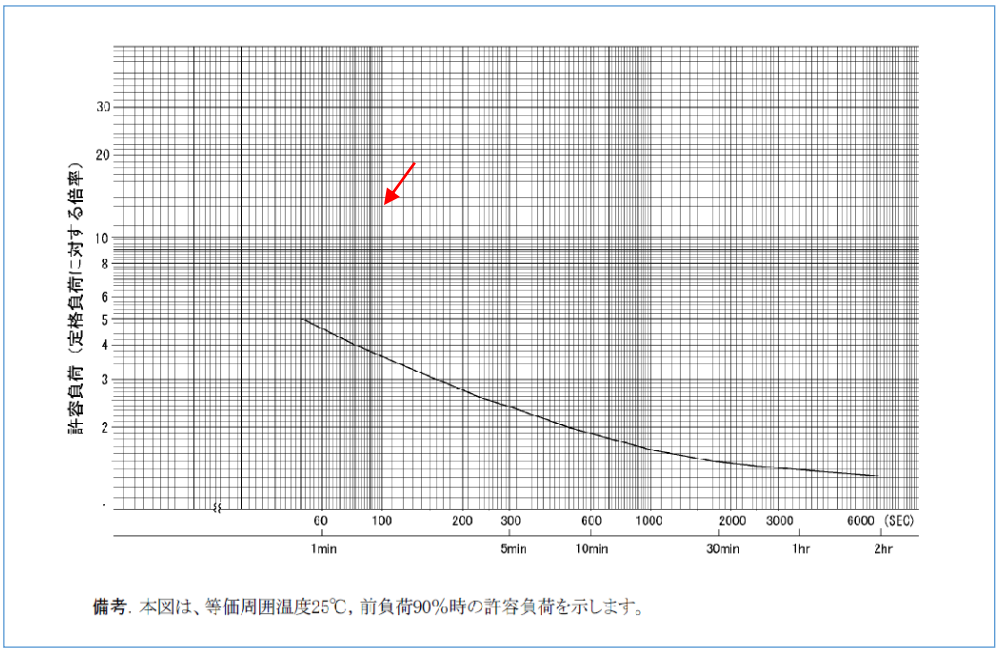
変圧器が損傷しないための一般的な短絡強度は定格電流の 25 倍で 2sec とされています。電灯 50kVA では定格電流（高圧換算）は 7.5A なので、2sec での許容電流は 187A となります。右図は PF の溶断時間－電流特性図の例です（三菱電機殿 LBS カタログ）。G50 の 2sec 動作は 200A で、わずかですが、許容電流 187A を超過します。G40 とすれば、2sec 動作は 150A であるので許容電流以下となりますが、PF の選定表では不足する領域です。

※　PF の特性には許容時間、溶断時間、動作時間があります。ここでは電流が遮断されるまでの最大値として、動作時間特性を使用しています。



・短時間過負荷保護

短時間の過負荷容量の参考として、愛知電気殿ホームページ「配電用変圧器データブック」の短時間過負荷許容曲線があります。



短絡強度を満足するために、G40 を使用したとして考えます。G40 では過電流動作が可能な 100A（変圧器定格負荷の 13 倍）での動作時間は 100sec です。許容負荷線図での 100sec の許容負荷は概 4 倍であるので、過負荷容量を大きく超過していることが分かります。G40 でも、過負荷保護には満足しません。1 台の PF で、並列に接続された変圧器 2 台（特に小容量側）の過負荷保護を併せて行うことは難しいことが分かります。

・OCR による改善

OCR を使用すると、より細かな保護ができます。高圧側定格電流は動力変圧器 17.5A、電灯変圧器

7.5A、合計 25A です。OCR 限時整定を 30A とすれば、強反限時、TD=0.5 で、整定値の 2 倍である 60A（電灯変圧器定格電流の 8 倍＜25 倍）で 0.68sec であり短絡強度である 2sec 以下を満足します。動作時間は 3-1 節の値です。電灯変圧器の過負荷に対しても、G40 でも不能である 4 倍の過負荷である 30A からの保護が可能になります。OCR で機械的に LBS を開放することで、PF 動作の不安定（小電流遮断・後述）に関係なく安定的な遮断ができます。

VCB 使用の 300kVA 以上になると、OCR でも 2 台以上並列の変圧器の過負荷保護は困難になります。それぞれの変圧器に適合する T 特性を持つ PF を設置することが必要です。

4-4-2 ）電力使用申込書での短絡感度の違い

OCR の有無によって電力使用申込書での短絡感度が変わります。容量 250kVA で G40 の PF を使用した設備に、OCR トリップを追加した場合について考えます。OCR 用 CT は 5/30 とします。

・OCR がない場合・PF 使用

最少遮断電流が G 値の 3 倍、誤差を 1.2 として

短絡感度＝1.732×7.2kV×40A×3×1.2≒1.79MVA

・OCR がある場合

高圧定格電流は 250kVA÷1.732÷6.6kV≒22A、CT 二次電流は 22÷6＝3.6A であるので、OCR 限時電流整定値を 4A として

短絡感度＝1.732×6.6kV×4A×（30/5）×1.2≒0.33MVA

OCR がある場合、申込書の短絡（過負荷？）感度は極めて小さくなります。短絡故障（完全短絡）電流の遮断は PF によるため、故障除去時間は 0.1sec で同じになります。

※　電気理論としては面白い計算ですが、この数値計算に、どのようなメリットがあるかは疑問だと考えています。

4-4-3 ）定格電流の算定時の注意点（電灯容量の全体容量比率）

電灯容量の全体容量に対する比率が大きい場合には、定格高圧電流を単相と三相に分離して考えます。医療関連設備、空調を多数の部屋での個別単相設備とする設備等に見られるようになっています。設備容量 200kVA で CT 比 30/5 とした算定例を示します。CT 二次電流は概 1.5 倍の違いがあります。

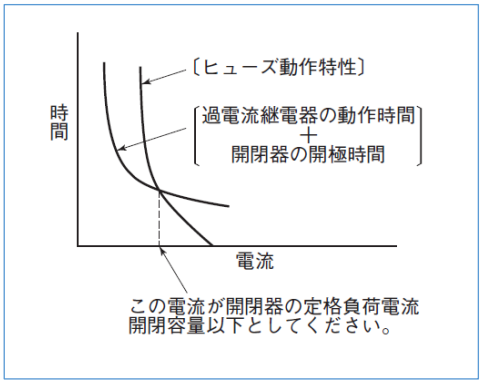
例	電灯容量-電流	動力容量・電流	CT 一次	CT 二次
①	50kVA　7.5A	150kVA　13.1A	20.7A	3.5A
②	100kVA　15.2A	100kVA　8.7A	23.9A	4.0A
③	150kVA　22.7A	50kVA　4.4A	27.1A	4.5A

電灯変圧器が複数台の場合は、接続相により変化します。R-S と R-T 相の場合は単相変圧器の合計、R-S と S-T 相の場合はどちらかの大きい方の容量となります。

特異な例として、V 結線が使用され、専用相が小さい場合は共用相のみの単相負荷とすべき場合もあります。

4-4-4 ）OCR の整定

LBS は電流開放を気中接点で行うため、定格負荷電流が一般的には 200A であることを考えて整定します。200A 以上では過負荷遮断となり、メーカの動作保証回数は 1~3 回です。継続使用するためには、定格負荷電流以上では PF 遮断動作後に OCR による開放動作とする必要があるため、整定は VCB より面倒なものになります。三菱電機殿 LBS カタログには「過電流継電器による開閉器開極までの動作特性とヒューズの動作特性との交点の電流が定格負荷電流開閉容量以下となれば動作協調がとれています」の説明と、わかりやすい保護協調線図（右図）が示されています。過負荷（小）電流部分は OCR で保護し、短絡（大）電流部分はヒューズ溶断で保護することが示されています。



※　メーカによっては、LBS の OCR トリップは推奨されていない場合もあります。VCB 使用の方が安全という考えです。整定が GR では整定を 0.2msec とすれば PF の溶断が早いので、問題は生じません。

・限時整定

過電流遮断による機構部の損傷防止のため、LBS 定格負荷電流以上の電流を OCR では開路させないように整定します。協調線図での交点を求めることはかなり面倒ですが、目安としては高圧側電流 200A で 1sec 以上と考えています。パワーヒューズとの協調として、超反限時特性での対応となります。

・瞬時整定

OCR の瞬時整定値を LBS 定格負荷電流以下とします。前項の例①では、CT 比 6、瞬時設定 30A で高圧側電流 180A となり LBS 定格 200A 以下となります。定格運用での電流の 6 倍以上であり、過負荷保護でも障害は無い範囲と考えられます。

投入時の変圧器突入電流を考えて、定格負荷電流の 10 倍以上での瞬時設定にすると 200A を超えます。実用的な対策として大きい変圧器の定格電流の 10 倍という考え（末尾文献 P.83）を適用します。瞬時整定を 40A とすれば高圧側電流 240A であり、妥協できる範囲であると考えます。例③の場合は限時 5A、瞬時 40A となります。

LBS 二次側での高圧短絡故障時の保護は PF で保証されているので、OCR は 200A 以下の過負荷保護用であると割り切ることもできます。瞬時はロック位置（又は整定値を十分に大きくする等）とすることも一つの方法です。

※　PF の小電流遮断

PF は G 値を超えると直ちに電流を遮断するものではありません。一般的なヒューズでは定格電流（G 値）の 2 倍以上から定格遮断電流（40kA、高圧部短絡電流）までの遮断が保証されていますが、5 倍以下では、不安定となる「小電流遮断現象」があるとされています。ヒューズ溶断で発生するアークを安定的に消去するためには一定のパワーが必要であるため、電流が十分大きくないと、吹き消し不完全による再発弧等での不安定現象が生じるためとなっています。メーカにより異なりますが、一般には G 値の 2~3 倍の電流が最少遮断電流と呼ばれています。OCR との違いです。

図は LBS の 1 相のアークシュート溶損の事故例です。小電流遮断現象を原因として考えれば、次のようになります。

・PF が小電流遮断域で断線し、ストライカが動作
・主接触子が開放、故障電流がアーク接触子に転流
・PF による電流遮断完了前に、過電流状態でアーク接触子が開動作
・消弧能力超過のため、シュート溶損

アーク接触子は精密加工品です。変形、電流痕等があると、投入できなくなります。図は接触子（ブレード）に残ったアークによる電流痕です。投入できたとしても、次回の開操作での事故が生じます。定格負荷電流付近で PF 遮断前に開動作（遮断）した恐れがある場合は、速やかな本体更新が安心です。PF による遮断（ストライカ動作）以外での開動作では、健全なアーク接触子であっても、微小アークが必ず発生します。

OCR 動作の場合は PF の小電流遮断の領域での開放動作ができます。しかしながら、機構部不良で不揃動作等でのアーク発生は、相間短絡にもつながります。相間バリアの設置、機構部への専用グリス塗布（グリス入れ替え）等の保全が、より必要になります。

※　誘導雷と考えられる事故等で、事故発生時の目視確認では溶断表示棒の突出に気付かず再投入してしまう事例もあります。変圧器などが接続されている LBS 二次側は、三相が完全に溶断しなければ、回り込みにより三相共に高圧検電器が動作します。検電による確認は困難です。接続されている変圧器の二次側電圧は異常になります。OCR 動作であれば、ターゲットでの確認ができます。

※　PF の容量選定

・PF-S 型受電用（一括保護用）

受電 LBS のパワーヒューズ（PF）の G 値は、単相と三相の変圧器容量組み合わせから、メーカ選定表に従い決定します。選定表は、動力変圧器の 1/3 容量までの並列コンデンサが予想されたものです。高圧コンデンサ故障保護機能（0.05sec 以下での遮断）も含まれています。

高圧定格電流との関係を考えてみます。定格電流は（単相変圧器容量 kVA÷6.6）＋（三相変圧器容量 kVA÷6.6÷1.732）で求めます。下表に計算結果（黒）と、富士電機殿の標準選定表による G 値（青）を示します。

高圧定格電流と G 値の関係（黒字：定格電流　青字：G 値）

		電灯用単相															
		10		15		20		30		50		75		100		150	
動力用三相	10	2.4	10	3.1	20	3.9	20	5.4	20	8.5	20	12.2	30	16	30	23.6	40
	15	2.8	10	3.6	20	4.3	20	5.9	20	8.9	20	12.7	30	16.5	30	24	40
	30	4.1	20	4.9	20	5.7	20	7.2	20	10.2	20	14	30	17.8	30	25.4	40
	50	5.9	20	6.6	20	7.4	20	8.9	20	11.9	30	15.7	30	19.5	30	27.1	40
	75	8.1	20	8.8	20	9.6	20	11.1	30	14.1	30	17.9	30	21.7	40	29.3	40
	100	10.3	20	11	30	11.8	30	13.3	30	16.3	30	20.1	40	23.9	40	31.5	50
	150	14.6	30	15.4	30	16.2	30	17.7	30	20.7	40	24.5	40	28.3	40	35.8	50
	200	19	30	19.8	30	20.5	30	22	40	25.1	40	28.9	50	32.6	50	40.2	60
	250	23.4	40	24.1	40	24.9	40	26.4	40	29.4	40	33.2	50	37	50	44.6	60
	300	27.8	40	28.5	40	29.3	40	30.8	50	33.8	50	37.6	50	41.4	60	49	60

概ね、定格電流に 10 を加えた値よりも大きい、10 単位の値となっていることが分かります。例えば電灯 50kVA、動力 100kVA の場合は定格電流 16.3A なので、10 を加えると 26.5A、G 値は 30 となっています。定格電流に 10A の裕度（PF が必要とする各種要素・コンデンサ等）を見て、G 値を採用しているとも考えることができます。他メーカもほぼ同様です。

変圧器、コンデンサ単体では G 値でなく、T 値、C 値になります。盤メーカでの G 値の選定には、高圧側電流のみでなく、5-3-3）節の変圧器二次直下事故の保護についてもノウハウとして加えられている場合があるようです。

・個別機器保護用

変圧器の一次側に設置される LBS の PF は、個別の過負荷保護としても使用されます。小電流遮断特性を考えて、変圧器定格容量電流に対して G 値が 2 倍程度（過負荷）、T 値が 1 倍（10 倍の突入電流対応・0.1 秒 100 回保証）が使用されます。PF の動作特性は OCR の超反限時よりも立下りが大きいので、G 値＜限時整定電流であれば、全領域で PF が早く動作します。コンデンサ用には定格電流以上の C 値を採用します。

4-4-5 ）LBS 用 OCR の試験 top へ

基本的は 4-2 節の VCB（電圧引き外し型）用 OCR と同じです。試験電流の入力は VCB 用同様にテストターミナル（TT）で行います。受電状態での LBS 試験動作は危険であるため、停電中に実施するものとして説明します。操作対象が VCB とは機械的特性が異なる LBS であることにも留意が必要です。

① OCR 単体試験

単体試験は PAS 開放による全停電後に、試験用発電機を使用しての他電源試験を行います。OCR は試験電流で動作するので、動作電源は不要です。VCB 用の単体試験と同様に、停電中に他電源で、トリップ信号をリレー裏面の補助接点 a1、a2 等から取って試験を行います。単体試験のみであれば、LBS トリップコイル用電源は不要です。LBS の動作時間は大きい（特に使用中設備）ので、OCR 精度の測定には単体試験が適しています。

② LBS 組合せ試験（停電中）

・動作電源準備

停電中に行う LBS 組合せ試験では、LBS トリップコイル動作電源の活かしが必要です。電源引出点を配線・単線結線図等で確認し、電源（100V）を活かし作業を行います。

高圧側への逆電圧防止のため、電灯変圧器電源では配電盤の「OCR 用」等と記入された MCCB（図左）の二次側を解線して、試験機補助電源等を供給します。受電 LBS 一次側 VT の二次直結（MCCB が無い・図右）では、VT ヒューズを外して二次側配線へ電源を供給します。直結は、運用中は信頼性が高い電源ですが、試験操作には高圧ヒューズ取り外し・取

り付けが必要になります。ヒューズ破損、フォルダの変形による緩み防止等の注意が必要です（取り付忘れ等でオープンとなっても焼損は発生しません）。CTD での取り扱いは VCB 用と同じです。

予想外の配線が行われていることがあるので、試験機の補助電源使用が安全です。試験用発電機等から直接供給する必要がある場合は、ヒューズ（1A 程度）をつけておきます。逆圧を含めての感電防止のため、試験中のキュービクル内立ち入りは厳禁です。

・トリップ信号

トリップ接点信号を LBS 主回路の一次二次に取ります。大きな動作を行う LBS 本体ではなく、前後のブス、CT 端子等から取るほうが安全です。試験機の付属コードでは届かない場合がほとんどです。数メートルのリード線を準備しておきます。取り忘れを防止するために、リード線配線は盤表面側で行います。信号取出し間違い、機構不良でトリップ信号が検出されずに試験機が自動停止しないと、トリップコイル（瞬時定格）に電流が流れつづけ焼損します。試験機停止ボタンで直ちに手動停止する体制を取ることが、VCB 試験以上に必要です。電気信号による許容動作回数はカタログ値 200 回であることにも注意が必要です。

経年品の場合、開極時間が大幅に大きくなることがあります。引き外し機構の動作が固くなるためと考えられます。本体清掃・接点部を含む専用グリスの塗布などの本来の保全が、VCB 以上に必要です。単体後に組合せ試験を行うと、LBS の開極時間を算出することができます。私の竣工試験の例では、単体 163ms・組合せ 195ms で、開極時間 30ms があります。

PF の選定が正しければ、給電申し合わせによる短絡除去時間等の保護は、PF-S 型と同じレベルでは満足しています。無理をしないという考え方もできます。

※　年次点検での（自電源）組合せ試験

受電状態で、試験機電源をキュービクル 100V コンセントからとり（電圧検出位置）、実働させることで、停電動作に併せて時限測定ができます。試験機電源喪失によりカウンタ停止するのでトリップ信号は不要です。

LBS は開放動作時に気中にアークが生じることを前提にしています。トリップ動作時にアークが出ることは異常ではありません。

6）その他の電圧トリップ LBS（地絡保護、コンデンサ保護）

トリップ機構付き LBS は他の各種の用途でも使用されています。

・受電 GR 用

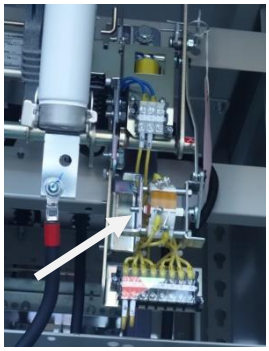
PAS が無い、出迎え方式の PF-S 型キュービクル等で、盤取り付けの GR（DGR）を使用する地絡保護に使用されます。九州では G 付 PAS での受電が原則であるため、ほとんど存在しません。LBS 動作で全停電（制御電源喪失）するため、パレットスイッチは不要です。受電設備 ZCT でのケーブルシールド線の処理引込ケーブル地絡の検出も可能ですが、GR 動作の電力側への転送機能はないため、上位（配電）系統からの故障ケーブルの切り離しはできません。

リレー単体試験は停電時に、リレー裏面の P1、P2 端子または配電盤「GR 用」MCCB 二次側を解線して AC100V を試験機補助電源で供給します。LBS の実働はなるべく避けた方が良いので、特に要求

が無い場合は単体試験のみにする方が安全です。

竣工試験・停電時の組合せ試験は LBS の一次、二次母線からトリップ信号をとって行います。年次点検では、前項同様に受電中に試験機電源をキュービクルから取れば、トリップ信号不要で停電操作に併せての実働組合せ試験ができます。

・第二変電所送り GR（DGR）用（パレットスイッチ付属）



送りケーブルの ZCT 以降の地絡事故を検出する盤用 DGR で動作します。LBS が動作しても制御用 AC100V 電源は停止しません（電源喪失にはならない）。トリップコイル通電継続による焼損防止のため、動作時には本体下部に付属の補助接点（パレットスイッチ）でトリップ用 AC100V 回路を開放するようになっています。右図の矢印部が LBS 下部に取り付けのスイッチです。

停電中に試験を行う場合は、配電盤の「DGR」等の表示がある MCCB の二次側を解線し（逆圧防止）、試験機補助電源を供給します。DGR の動作電源（P1、P2）が入り、LBS トリップコイルへの AC100V 制御回路は DGR 接点で OFF の状態になります。単体試験はトリップ接点を a1-a2 等の補助接点にとって行います。組合せ試験は前項と同様に LBS 前後の母線にリード線をとって行います。LBS 横に振動センサ（3-5-②）を取付けても十分な精度であると考えられます。

受電 PAS 用 SOG は 0.2sec 整定で、実動作時間が概 0.15sec 程度の場合、0.2sec 整定の DGR（概 0.15sec）が正常動作しても、PAS 用 SOG も動作します。時限整定による自所内での保護協調は不可能です。系統保護優先のためです。SOG 動作時に DGR も動作していると、地絡原因が送りケーブルより先にあることの推測はできます。

短絡電流域で、PF の安定動作（0.1sec）前に機械的開放を行わないように整定します。PAS 時限との協調を重視して DGR の時限整定を 0 にすると、地絡短絡が発生した場合には受電用 VCB の短絡電流遮断（0.1sec）前に機械的開放が開始し、LBS が損傷する恐れがあります。ほとんど発生しない事故とは考えられますが、スイッチ類の特性も考えての整定としておくことが、広い意味での保護協調として必要です。

※　試験入力は、電圧は試験用端子箱（T-E）、電流は高圧盤表の試験入力端子（K-L）で行うことがほとんどです。試験用端子箱では、試験電圧 Vo が 1/10（19.1V-三菱）入力の場合があることが SOG との違いです。試験機が 150%である 28.4V を発生できない場合は、整定を 2V にします。メーカの試験方法に従います。

・コンデンサ異常検出（パレットスイッチ付属）

個別保護用の LBS で使用されます。コンデンサの内部異常で生じる筐体膨らみを検出するリミットスイッチ（目視可）、または内圧異常検出ベローズスイッチ（目視不可）により動作します。直列リアクトルがある場合には、リアクトル温度高の接点が並列の場合もあります。DGR 用同様に、制御回路開放用のパレットスイッチが付属しています。試験機での試験はできません。

コンデンサ本体の短絡故障は付属 PF（C 定格）で保護され、ストライカで三相同時遮断されます。

動作試験の必要性は少ないと考えられます。

全体としての参考文献　　top へ

OCR 整定については、「エネルギーフォーラム社　6kV 高圧受電設備の保護協調 Q&A　川本浩彦著 ISBN4-88555-273-7」　に詳細に説明されています。
ご一読をおすすめします。