717

ばね操作形電力用遮断器の衝撃解析

(株)日立 機械研〇井上剛志 橋本裕明 (株)日本AEパワーシステムズ 大久保健一

Impact Analysis of Power Circuit Breaker with Spring Operating Mechanism

1緒言

ばね操作形電力用遮断器では,遮断,投入動作時にお ける急峻な起動及び停止により,操作器に大きな衝撃が 負荷される。操作器の小型・軽量化を図るためには,衝 撃負荷を考慮した部品の形状最適化が必要である。ばね 操作器は,複数のレバー,ローラ,リンクで構成されて おり,それらの係合部に生じる動的負荷を力学に基づく 簡易計算により求めることは困難であり,数値解析を用 いた予測が期待される。本研究では,遮断器の衝撃設計 において考慮すべき重要な動作の一つであるリセット 動作を対象として,衝撃解析用の有限要素モデルの構築 と検証を行った。

2 衝擊解析対象動作

2.1 ばね操作形電力用遮断器の概要 Fig.1 にばね操作 形遮断器の全体構成図を示す。遮断器は,操作器,機構 部,遮断部の3つで構成され,通常時には,ブッシング を通して,遮断部内部を通電している。落雷等の異常電 流発生時には,操作器内の圧縮された遮断ばね力が解放 され,機構部を介して,遮断部の電流接点を開離する遮 断動作を行う。また,遮断動作後には,圧縮された投入 ばね力を解放することで,通電状態に復旧する投入動作 を行う。これらの動作は数十 ms の間に生じる急峻な動 作であり,動作時には遮断器の構成部品に衝撃が発生す る。





2.2 解析対象動作 投入動作では遮断動作で解放され た遮断ばねを圧縮し,最後に圧縮された遮断ばね力を保 持する。この保持する際の挙動をリセット動作と定義す る。Fig.2 にリセット動作における操作器内の挙動を示す。 Step1 では,投入ばね力によって,カム,メインレバー の回転を介して遮断ばねが圧縮される。この時,遮断ば ね力を保持するための制御レバーの係合は外れている。 次に Step2 で制御レバーに沿って回転するメインレバー が制御レバーから離れた瞬間に、制御レバーが係合位置 に戻る。その後 Step3 でカムとメインレバーとの係合が 外れると、圧縮された遮断ばねが解放され、メインレバ ーと制御レバーが係合し、この瞬間に制御レバー及びロ ーラに衝撃が発生する。このリセット動作時に制御レバ ー及びローラに生じる衝撃荷重を評価可能な解析モデ ルの構築を行った。



3 衝撃解析モデルの構築

Fig.3 に構築した衝撃解析モデルを示す。図は、遮断器 全体の内、リセット動作時に可動する全部品を示してお り、評価対象部を除いた可動部品は、全てリンクを介し てメインレバーと連結されている。これらをリンク機構 部と定義する。



Fig.3 Impact analysis model

リンク機構部のモデル化に際して,解析時間の削減を 目的に, ビーム要素及び質点への置換を行った。本モデ ルにおいては、リンク機構部の固有振動が評価対象部の 解析結果に大きく影響する。そこで、リンク機構部全体 の固有振動解析から,各部品の系全体への影響を検討し, 影響の大きい部品を弾性体ビーム、それ以外を剛体ビー ムと質点でモデル化した。弾性体ビームに関しては,部 品の固有振動,質量,全長を一致させた。また,剛体ビ ームと質点に関しては,質量と全長を一致させた。また, リンク機構部の端部の部品に関して、実機において剛体 変位が支配的となる箇所は、質点で模擬した。作成した リンク機構部は、固有振動解析の結果から、系全体への 影響の大きいメインレバー及びリンク1,2,3を弾性体, それ以外のリンク機構部を剛体でモデル化した。但し, メインレバーは評価対象部との接触を有する部品であ ることから、ソリッド要素でモデル化した。

評価対象部に関しては、ソリッド要素でモデル化し、 部品の面取り等の詳細形状やレバーの軸心に設けられ た軸受部等は,固有振動や荷重が負荷される方向の剛性 等を検討した上で,簡略化を図った。

4 衝撃解析モデルの検証

4.1 検証方法 構築した解析モデルと実機での計測結 果を比較し、モデルの検証を行った。Fig.3 に示した評価 対象部である3つの制御レバーのローラとの係合部付近 及び大きな曲げ応力が発生する箇所のひずみと、遮断ば ね可動端の変位を測定した。

4.2 検証結果 構築した解析モデルと実機での計測結 果を Fig.4, 5 に示す。Fig.4 には遮断ばね可動端の変位 量と制御レバー1に生じたひずみを示す。Fig.5にはFig.4 に示した時刻歴のうち、1~4ms間の制御レバー1とロー ラとの一度目の衝突時における制御レバー2に生じたひ ずみを示す。但し、図中のひずみ値は所定の値で正規化 している。また、Fig.6 には制御レバー1 において最大ひ ずみが生じた 2ms 時の応力分布図を示す。制御レバー3 における実測との比較結果は本稿においては割愛する。 Fig.4 に関して、遮断ばね可動端の変位及び制御レバー1 に生じるひずみは一度目の衝突まで周期及びピーク値 がよく一致しており、ピーク値の誤差は約6%であった。 一方,一度目の衝突以降は、周期やピーク値が実測値と 異なる結果が得られた。これは、構築したモデルがビー ム要素端部の摩擦やダンパーの減衰力等を考慮してい ないためと考えられる。これらの境界条件の入力方法及 び入力値に関しては、今度の課題とした。また、制御レ バー2に関しても、一度目の衝突において、ピーク値の 誤差が10%であり、制御レバーの振動に起因する周期も 実測値とよく一致する結果が得られた。

応力分布図に関して, Fig.6 に示すようにローラとの接 触面において最大応力が発生しており,接触面近傍から 応力が拡がっている様子が確認できた。接触面の応力値 はメッシュ分割に依存するため,解析を用いて接触面の 評価を行うには,検討を重ねる必要があるが,それ以外 の箇所に関しては、ひずみの実測値と解析値の一致から、 応力伝播を模擬できている。したがって、衝撃負荷を考 慮した設計への展開が可能である。



Fig.4 Comparison analysis result with test result (stroke of movable end of opening spring and strain of control lever1)



Fig.5 Comparison analysis result with test result (strain of control lever2)



Fig.6 Stress distribution with control lever1 at 2ms

5 結 言

本研究では、ばね操作形電力用遮断器を対象に、衝撃 設計が重要となる部品の評価が可能な解析モデルを構 築した。動作時の可動部品の内、評価対象部をソリッド 要素、それ以外のリンク機構を系全体の固有振動、慣性、 エネルギーを考慮した上で、ビーム要素に置換してモデ ルを作成した。評価対象部である制御レバーのひずみに 関して、最大の衝撃が生じる一度目の衝突のピーク値、 周期が実測と解析で良い一致を示した。