

電源電流分析による回路と負荷の同一性判定方法 Identify appliance in the power line circuit by current wave analysis

樋熊 利康[†]
Toshiyasu Higuma[†]

1. はじめに

リフォーム等で住宅の配線替え、設備の追加等がある場合に分岐回路中に含む機器が不明確になっていることがある。各分岐回路を計測し機器毎の電力消費情報を見る化することにより居住者の省エネ行動を喚起する HEMS の導入が広まりつつある。HEMS 導入に際し、正確な電力消費情報を得るには分岐回路に接続されている比較的電力の大きな電気設備について分岐回路との対応を確認する必要がある。分電盤分岐回路の出力電流と負荷機器の入力電流を比較評価することにより分岐回路が単独機器で利用されているか計測対象機器以外の機器の有無を判定する方法について検討したので報告する。

2. 研究対象

2.1 現行方式の課題

従来、分岐ブレーカと電気機器の接続関係の調査にはサーキットトレーサが用いられてきた。これは高周波信号を電源分岐回路に注入し、電源線から放射される高周波信号サーチャコイルで検出して電気機器と分岐ブレーカの接続関係を調査するものである。壁等に埋設された配線の経路を追えるメリットはあるものの、漏えい信号を利用しているため複数の分岐回路で信号が検知されてしまう場合がある。この場合信号レベルにより対象を特定することになるが敷設状況によっては漏えいのレベルが近い回路が存在するケースもあり、確実な判定が困難な場合がある。

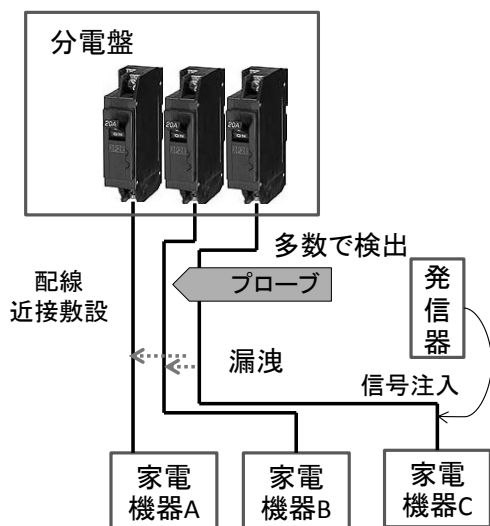


図1 現行検知システムの構成

2.2 検知原理

現行の課題に対応するため分岐回路に流れる電流波形の特徴量を用いて分岐回路内の接続機器状況の特定をする方式を検討した。回路中を流れる電流は分岐等がなければ回路中のどこで観測しても同一であるという原理に基づく。

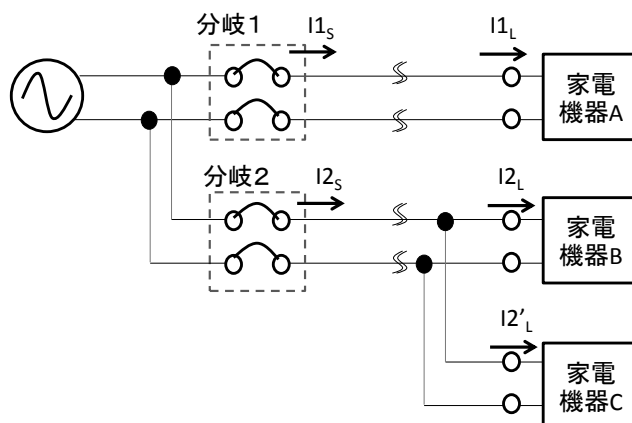


図2 検知対象モデル

たとえば図2お分岐1回路において分岐ブレーカ側の電流 I_{1s} と家電機器側の電流 I_{1L} を同期計測し比較したとき $I_{1s} = I_{1L}$ となるため分岐1に接続している家電機器Aは単独で分岐回路を使用していることが判定できる。一方分岐2のように途中で分岐している場合には分岐ブレーカ側の電流 I_{2s} は家電機器Cが消費する電力が加算されるため $I_{2L} + I_{2'L}$ 家電機器側の電流 I_{2L} とは異なる。したがって、分岐2は家電機器B以外の機器と共用していることが判断できる。

3. 同一性判定アルゴリズムの検討

3.1 判定手順の検討

回路中を流れる負荷電流を用いた場合に同一機種の機器が異なる回路を使用し同様な条件で動作している場合に判定ができない課題がある。たとえば複数の寝室に同一型名のエアコンが接続されている場合において、室温が安定しファンのみが運転されている状況では互いの消費電流はほぼファン駆動用のモータ電流のみとなり判定は困難となる。このようなケースを切り分けるため2ステップの判定を行うこととする。ステップ1では回路と家電機器の関連を確認し、ステップ2で回路の単独/共用利用の判定を実施する。この手順とすることで前述の同一機器のケースであっても事前に回路と機器の関係が判定

[†] 三菱電機株式会社 MITSUBISHI ELECTRIC CORP.

されるため判断を誤ることが解消される。

3.2 分岐回路と家電機器の関連判定方式

従来技術であるサーキットトレーサを用いることも可能であるが漏洩の問題があるため電流を用いた回路と機器の関連付け方法について検討する。通常の電気機器の負荷電流と分離可能な電流を消費する負荷機器を家電機器側に接続し、この電流をブレーカ側で検出することにより回路の同定を行う。電気機器は電源周期に対して規則的に電流を消費する。ここでは図3に示すような周期内で不規則な変動をする電流を用いる。この不規則な電流は、電流波形を数周期分取得し、周期間の相関係数と半周期間の相関係数を計算することで電気機器の負荷電流と分離・検出が可能である[1][2][3]。

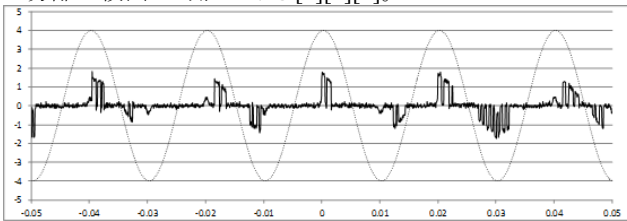


図3 家電機器と分岐特定に用いる電流の波形

3.3 回路の単独/共用利用判定方式

異なる機器であっても定格電力が類似している場合には単純に実効値の比較だけでは切り分けが困難である。また、波形の相関係数等による比較だけでは同一機器が複数接続された場合を切り分けできなくなる。ここでは、実効値ならびに波形の相関係数2つを用いて判定を行う。

判定には分岐ブレーカと家電機器の設置場所にて電流波形を同期して計測することが必要になる。厳密には電源電圧周期で同期して同時刻に波形を取得することが理想的であるが物理的に離れているため1台の装置で測ることは困難となる。ここでは簡易的に同期をとる方式を採用する。図4にシステム構成を、図5に簡易同期方式の概要を示す。マスタからのタイミング信号をトリガとして電流波形を計測し各々平均化し相関が最大となるよう時間軸をずらし最大となったサンプリングポイントを起点として実効値を計算し、相関値と実効値を閾値と比較して2つ特徴の一致度を判定する。

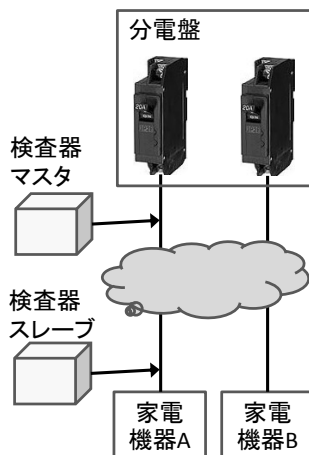


図4 検査器システム構成

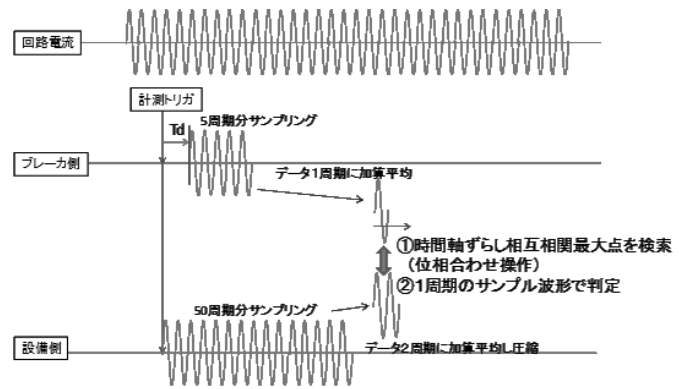


図5 簡易同期方式

4. アルゴリズムの評価

図5に示した簡易同期波形取得方法について数値計算ソフトウェア上でシミュレーション評価を行った。評価には空調機の電流波形を用いている。表1にリファレンスであるGPS同期オシロ(時間差1 μ S)で計測した波形を用いて計算した結果との比較表を示す。平均化等の影響もあるが差異は3%以下に抑えられており良好な結果が得られている。

表1 簡易同期方式の評価

case	判定項目	擬似時刻同期	GPS時刻同期	差異[%]
1	設備側電流実効値[A]	17.57	17.45	0.7%
	ブレーカ側電流実効値[A]	18.79	18.60	1.0%
	相関係数	0.986	0.960	2.7%
	判定(O:単独, x:他在り)	x	x	
2	設備側電流実効値[A]	0.12	0.12	0.6%
	ブレーカ側電流実効値[A]	0.12	0.12	0.7%
	相関係数	0.998	0.996	0.2%
	判定(O:単独, x:他在り)	O	O	
3	設備側電流実効値[A]	0.10	0.10	0.5%
	ブレーカ側電流実効値[A]	0.49	0.49	0.1%
	相関係数	0.999	0.997	0.2%
	判定(O:単独, x:他在り)	x	x	
4	設備側電流実効値[A]	0.31	0.31	0.1%
	ブレーカ側電流実効値[A]	0.49	0.48	0.1%
	相関係数	0.986	0.966	2.1%
	判定(O:単独, x:他在り)	x	x	

5. まとめ

電源分岐回路の電気機器利用状況の把握を行うため電流の特徴を利用した方式について検討した。今後、実用化に向け実フィールドでの検証と組み込みシステム化等進めてゆく予定である。

参考文献

- [1] 樋熊利康、FIT2015、O-014、「電源中の非定常変動電流の検出方式の高性能化」
- [2] 樋熊利康・小川雄喜、FIT2014、O-029「電源中の非定常変動電流の検出方式に関する検討」
- [3] Toshiyasu Higuma, Yuki Ogawa ICCE2015, PP460-461, Development of the Electrical Deterioration Sensor for Appliance