

電圧変動やフリッカの制限 — IEC 61000-3-3、-3-11 の概要

株式会社 e・オータマ 佐藤智典

2020 年 1 月 14 日

目次

1	はじめに	1
2	電圧変動とフリッカ	1
2.1	フリッカ	2
2.2	電圧変動	3
3	IEC 61000-3-3	3
3.1	適用範囲	3
3.2	評価されるパラメータ	3
3.3	限度	4
3.4	測定	5
3.4.1	EUT の動作条件	5
3.4.2	P_{st} の測定	6
3.4.3	P_{lt} の測定	6
3.4.4	手動スイッチングによる d_{max} の測定	6
4	IEC 61000-3-11	7
4.1	適用範囲	7
4.2	評価されるパラメータ、限度、動作条件	7
4.3	測定、評価、接続の条件の宣言	7
4.3.1	Z_{max} を宣言する場合	7
4.3.2	100 A/相以上の電源容量を宣言する場合	8
5	参考資料	9

1 はじめに

本稿では電気機器による電圧変動やフリッカ^{†1}の発生に関する規格である IEC 61000-3-3:2013+A1:2017^[1]、及び IEC 61000-3-11:2017^[2]の概要を述べる。

2 電圧変動とフリッカ

AC 230 V や AC 100 V などの低圧電源には互いに独立して動作する様々な負荷が接続されている。

電源や電源線は無視できないインピーダンスを持つため、それらの負荷が電源から吸い込む電流が変動するとそれに依りて電源電圧が変動する (図 1)。

このような電圧変動は、機器の電源のオン/オフによるものようにごく稀に生じること、例えばオン/オフによる温度制御が行なわれているヒーター (図 2) や正転/逆転を繰り返す洗濯機のモーターによるものように比較的高い頻度で繰り返して生じることもある

このような電圧変動が電子機器の誤動作 (例えばコンピュータのリセット) などの問題を引き起こす可能性もあるが、最も良く見られる影響は照明のちらつき (フリッカ) である。

また、電源周波数に近い次数間高調波電流に伴って電源電圧に次数間高調波が重畳した場合も、その差の周波数での電源電圧の動揺が、従ってフリッカが引き起こされる (図 3)。^{†2}

^{†1} フリッカ (flicker) は「その照度やスペクトラム分布が時間につれて変動する光刺激によって誘起される視覚的な不安定さの印象」と定義されており、簡単に言えば照明のちらつきなどのことである。実際に照明のちらつきが評価の対象となることもあるが、本稿で述べる規格では同じ電源系統に接続された照明のフリッカを引き起こすような電圧変動 (電圧の変動を引き起こすような電流の変動) が評価の対象となる。

^{†2} 例えば 50 Hz の電源電圧波形に 45 Hz の次数間高調波が重畳した場合、5 Hz での電源電圧の動揺が引き起こされる。

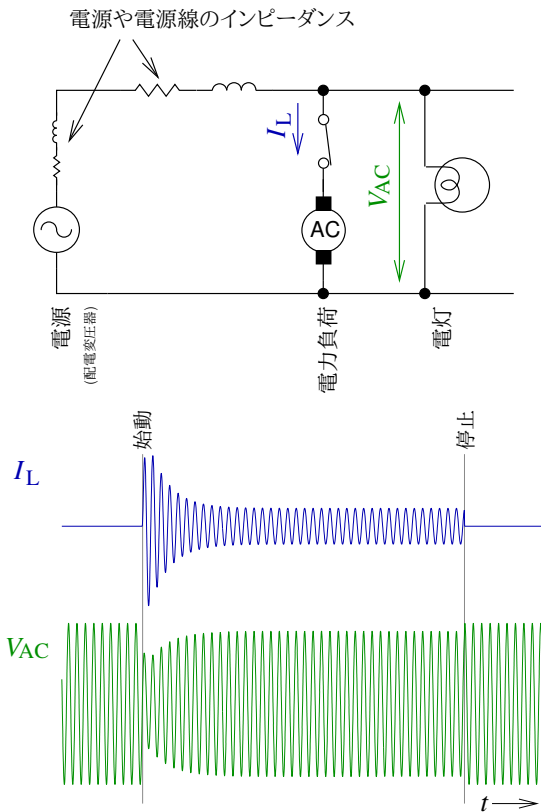


図 1: モータなどの電力負荷による電圧変動の発生

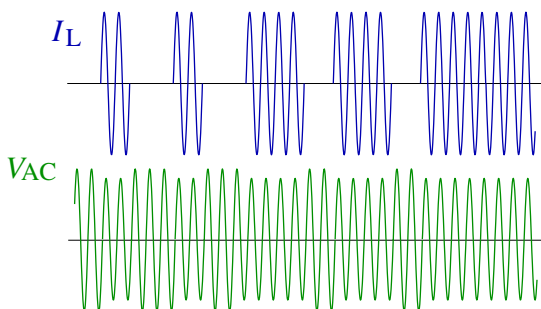


図 2: オン/オフ制御によるフリッカの発生 — ここではオン/オフの切り替えが 0° のみで行なわれるマルチサイクル制御のイメージを示しているが、オン/オフの切り替えはそのような形で行なわれるとは限らない。

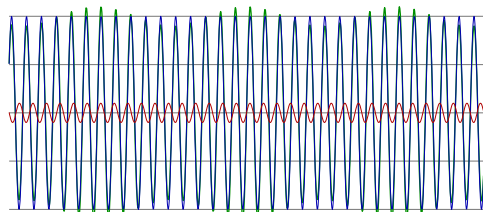


図 3: 電源周波数に近い次数間高調波の重畳によるフリッカの発生

2.1 フリッカ

照明のフリッカ^{†1}は、かなり不快なものとなることもあるばかりでなく、眼精疲労や頭痛、場合によっては癲癇発作の誘発のような健康被害を引き起こすこともあるため、その抑制が求められる。

フリッカの人体への影響は人の生理学的な特性に依存するため、その評価のためには人の特性の考慮も必要となる。

例えば、照明の明るさが同じだけ変化としても、変化が緩やかに生じるよりも急激に生じた方が気になりやすい。

また、照明の明るさの変動が繰り返して発生する場合、ある程度までは頻度が高くなればより不快となるが、変動の頻度がある程度以上高くなると変化を感じにくくなる。^{†3}また、白熱電球のような照明は、それ自身の応答が遅いため、電圧変動の頻度がある程度高くなると明るさの変動そのものが小さくなる。

これを反映させるため、本稿で述べる規格でのフリッカの評価では、電圧の変化が急峻な方が、また電圧変動の繰り返し周波数が白熱電球 – 視覚系の感受性が最も高くなる 10 Hz 弱に近い方が厳しく評価されるよう、電圧変動のパターンによる重み付けが行なわれる (図 4)。^{†4†6}

さらに、このようなフリッカの迷惑さはその持続の程度にも依存し、あるレベルのフリッカが短時間発生しても受容できたとしても、それが長時間持続すれば (あるいはそれぞれの持続は短時間であっても頻繁に発生すれば) 受容し難いものとなり得る。このため、本稿で述べる規格では、上のような重み付

^{†3} 例えば照明の明るさが 100 Hz で変動しても通常は気付かれない。そのようなフリッカがストロボ効果 (蛍光灯の元で扇風機の羽が逆回転して見えるような) を引き起こしたりカメラでの撮影に影響したりすることもあるが、そのような現象はこれらの規格では考慮されていない。

^{†4} 図 4 は IEC 61000-4-15^[3] でのフリッカメータに関する規定に基づくもので、これは、10 Hz 弱 (毎分 1000 回強の電圧変化^{†5}) の繰り返しでの電圧変動が最も厳しく評価され、1 Hz 程度以下や 30 Hz 程度以上の繰り返しでは 10 Hz 弱の場合の 5 倍以上の電圧変動で同程度のレベルとして評価されることを意味する。なお、LED 照明などは白熱電球とは全く異なる挙動を示すが、これらの規格ではそれは考慮されていない。

^{†5} 1 サイクルの電圧変動で電圧の低下と回復の 2 回の電圧変化を生じるものとする。

^{†6} 従って、負荷のオン/オフによる制御を行なうような場合、フリッカの低減のためには、オン/オフの繰り返し周波数をできる限り遅くし、特に繰り返し周波数が 10 Hz に近付かないようにすると良いだろう。オン/オフによる制御の代わりに位相制御を使用できる場合もあるが、位相制御では高調波電流エミッションの考慮が必要となり、また規格でその使用そのものが制限されていることもある^[4]。

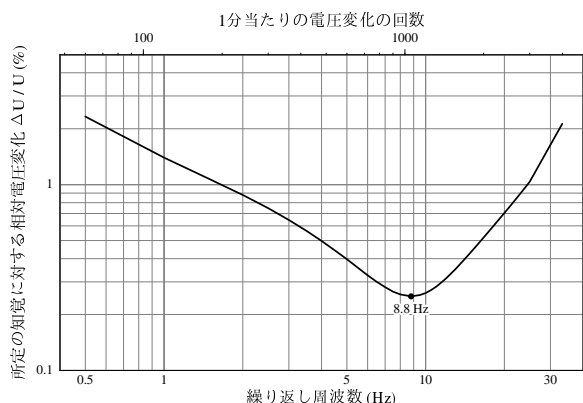


図 4: 白熱電球と視覚系の周波数応答の影響の考慮 (230 V 50 Hz、正弦波状の変動; IEC 61000-4-15 Table 1b より)

けを行なった結果をある時間観測して統計的な処理を行なった結果がフリッカの指標として用いられる。

2.2 電圧変動

機器の電源の投入時や大型の負荷のオン/オフ^{†7}に際して発生することがあるような非常に低い頻度で発生する著しい電圧変動はフリッカの指標を用いて評価するのは適当ではなく、本稿で述べる規格では電圧変動の大きさや持続そのものが評価の対象となっている。

3 IEC 61000-3-3

3.1 適用範囲

IEC 61000-3-3^[1]、「定格 16 A/相以下で条件付き接続の対象とならない機器の、公共低圧電源系統の電圧変動、電圧動揺、及びフリッカの制限」は、ライン – 中性線間電圧が 220 ~ 250 V、50 Hz の低圧

^{†7} 例えば白熱電球やモータの電源投入時には定常時の 5 ~ 10 倍以上の突入電流が流れ、著しい電圧変動を引き起こすことがある。また、スイッチング電源やインバータなどでも用いられている整流平滑回路も、適切な突入電流防止が行なわれていなければ、電源投入時の平滑用コンデンサの急激な充電に伴って著しい突入電流が流れる。変圧器のような磁気部品の突入電流は電源投入の位相角に依存し、また鉄心が磁気飽和を起こすと著しく大きくなるので、電源投入の位相角を管理すること、残留磁束の影響も考慮して磁気飽和を起こさせないように必要に応じて磁芯の大きさに余裕を持たせることなどが助けとなるかも知れない。

配電系統への接続を意図した機器^{†8}による電圧変動やフリッカの発生の制限を定めている。^{†9}

この規格の適用範囲に入るがこの規格の要求に適合しない機器は、IEC 61000-3-11 (§4) を適用して条件付き接続とできるかも知れない。

3.2 評価されるパラメータ

この規格は、電圧変動の大きさと関係する d_c 、 d_{max} 、 T_{max} に対する限度、及びフリッカの程度を示す指標である P_{st} と P_{lt} に対する限度を定めている。

- $d(t)$ — 相対電圧変化 (相対半サイクル実効値特性)

電圧が少なくとも 1 秒のあいだ安定状態^{†10}に留まっている期間を除く、半サイクル毎に単一の値として評価された相対実効値電圧変化の時間関数^{†11}

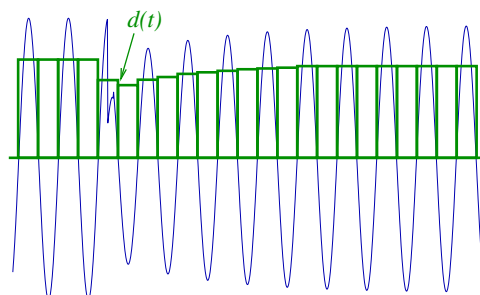


図 5: 電圧波形と $d(t)$

^{†8} 低圧商用電源に接続されない機器、例えば高圧受電や自家発電の施設でのみ使用される機器は適用範囲から外れる。しかしながら、そのような施設では電圧変動やフリッカが問題とならないというわけではなく、そのような機器についてもこの規格での評価を行なうのは良い考えかも知れない。なお、国内では高圧受電となるような施設であっても地域によっては低圧での受電となるかも知れないことにも留意されたい。

^{†9} 230 V 前後、50 Hz 以外の電源はこの規格ではカバーされない。この理由、また各国の電源事情の違いなどもあり、この規格は他の多くの EMC 規格のように広く受け入れられてはいないが、少なくとも欧州においては、これらの規格と整合した欧州規格である EN 61000-3-3 が EMC 指令の整合規格となっており、この規格に適合する機器は通常は電圧変動やフリッカに対する特別な注意を払うことなく商用電源に接続できるものとみなされている。

^{†10} 安定状態とは、半サイクル実効値電圧が少なくとも 1 秒間 $\pm 0.2\%$ の幅の中に留まっている状態。

^{†11} $d(t)$ は図 5 のような半サイクル (50 Hz では 10 ms) 毎の値となるが、図 6 や図 7 では連続的なカーブとして図示している。

- d_c — 最大定常電圧変化
連続した2つの安定状態の電圧の差の最大値^{†12}
- d_{max} — 最大相対電圧変化
その前の安定状態と $d(t)$ の差の最大値
- T_{max} — $d(t)$ が d_c の限度を超えた最大時間(次の安定状態までの期間での累積時間)

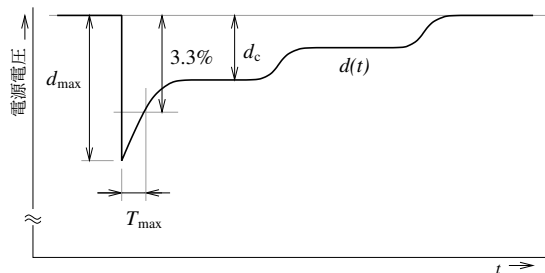


図 6: 電圧変動のパラメータ

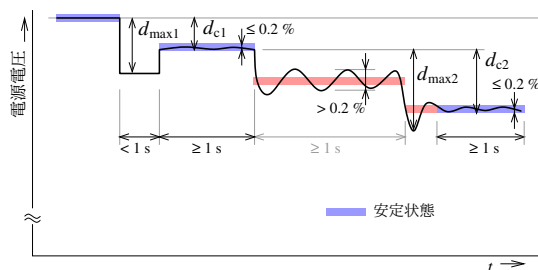


図 7: 安定状態と d_c 、 d_{max}

- P_{st} — 短時間フリッカ値
短い期間(通常は10分間)について評価されたフリッカの大きさの値であり、観測された電圧を二乗した値から、電圧変動の繰り返し周波数などに基づく重み付け^{†13}を行なった上で統計的な処理を行なって得られる^{†14†15}

^{†12} 例えば電圧が3%低下し、さらに2%低下した場合、3%低下した状態で1秒以上±0.2%の幅の中に留まっていればそれも安定状態とみなされ、その電圧変化全体での d_c は3%となる。だが、3%低下した状態に留まる時間が1秒に満たない、あるいはその状態に1秒以上留まっているもののその区間での電圧の変動が±0.2%を超えるならばそれは安定状態とはならず、その全体が1回の電圧変化となってその電圧変化での d_c は5%となる。このように段階的な変化を生じる場合、その途中の段階が安定状態とみなされるかどうかによって大きく異なる測定結果が得られることがある。図7参照。

^{†13} この規格でのフリッカの評価はその電圧変動によって230V 60W白熱電球が生じるフリッカに対する人の反応に基づいており、その系で感受性が高い10Hz前後の繰り返し周波数の電圧変動が厳しく評価される。

^{†14} 上記の重み付けを行なった結果を二乗して平滑化を行なって得られたフリッカレベル P_{inst} が観測期間の0.1, 1, 3, 10, 50%のあいだを超えるレベルを $P_{0.1}, P_{1s}, P_{3s}, P_{10s}, P_{50s}$ として、 $P_{st} = \sqrt{0.0314P_{0.1} + 0.0525P_{1s} + 0.0657P_{3s} + 0.28P_{10s} + 0.08P_{50s}}$ から得られる。

^{†15} 国内では電源システムのフリッカの指標として ΔV_{10} が用いら

- P_{lt} — 長時間フリッカ値
長い期間(通常は2時間)について評価されたフリッカの大きさの指標であり、一連の P_{st} (通常は $N = 12$) の値から、

$$P_{lt} = \sqrt[3]{\frac{\sum_{i=1}^N P_{st i}^3}{N}}$$

によって得られる

3.3 限度

測定されたそれぞれの値が以下の値を超えないこと:

- $P_{st} \leq 1.0$
- $P_{lt} \leq 0.65$
- $T_{max} \leq 500 \text{ ms}$
- $d_c \leq 3.3\%$ ^{†16}
- d_{max} :
 - (a) $\leq 4\%$ — 以下の条件に該当しない場合
 - (b) $\leq 6\%$ —
 - 機器が手動でスイッチされる、あるいは
 - 1日に2回よりも多く自動的にスイッチされ、かつ停電後の遅延再起動(数十秒以上の遅延)があるか手動での再起動となる^{†17}
 - (c) $\leq 7\%$ —
 - 使用中は人が付いている、あるいは

れることがあるが、これも同様に10Hz前後での変動を厳しく評価するようになっている。

^{†16} $Z_{ref} = 0.4 \Omega + j0.25 \Omega$ として、 $Z_{ref} \cdot 16 \text{ A} / 230 \text{ V} \approx 0.0328$ より、電流が $0 \text{ A} \rightarrow 16 \text{ A}$ や $16 \text{ A} \rightarrow 0 \text{ A}$ と変化した時の d_c が丁度この限度前後となると予期される。また、 d_{max} の限度である4%、6%、7%の電圧変動は、それぞれ約20A、約29A、約34Aに相当する。

^{†17} 遅延再起動は停電からの復電時に多数の機器が同時に再起動することによる問題(例えばそれらの突入電流を合算したものが過電流遮断器を作動させるような)を軽減するであろう。再起動時の突入電流が大きい類似の機器が1つの施設に多数設置されるような場合、それらが同時に再起動しないよう、遅延時間をランダムに変動させるなどの工夫をすることも良い考えかも知れない。

- 1日に2回以下自動的に投入されるか
手動で投入され、かつ停電後の遅延
再起動(数十秒以上の遅延)があるか
手動での再起動となる

但し、独立に制御される複数の回路がある場合、(b)と(c)の限度は停電後の遅延再起動があるか手動での再起動となる場合に限り適用される。

著しい電圧変動やフリッカを引き起こしそうな機器については測定は不要である。^{†18†19}

3.4 測定

この規格の限度への適合性を測定によって確認する場合、電源系統のインピーダンスを模擬するリファレンス・インピーダンスを介してEUTに給電し、電源電圧の変動を§3.2で示したようなパラメータを測定する機能を持ったフリッカメータで測定する。^{†20}

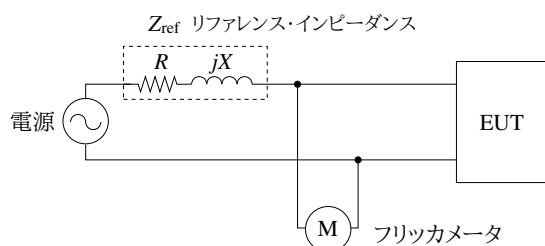


図 8: 電圧変動の測定の原理

図8では単純化のためインピーダンスを1つだけ示しているが、三相電源への対応のためもあり、規格ではそれぞれの相に $Z_A = 0.24 \Omega + j0.15 \Omega$ 、中性線に $Z_N = 0.16 \Omega + j0.10 \Omega$ (いずれも 50 Hz の値) を挿入するような形で示されている。

この測定で使用するフリッカメータに対する要求事項は IEC 61000-4-15^[3] で規定されている。

^{†18} 測定を省略する場合、著しい電圧変動やフリッカを引き起こさないという判断の根拠を文書化することが必要となるであろう。

^{†19} 場合によっては一部の項目の測定が不要と判断できるかも知れない。例えば、温度制御などを持たない単純な電気ストーブのように、動作中に電源電流がほとんど変化しない機器の場合、動作中に著しいフリッカを発生することはない筈で、 P_{st} や P_{lt} の評価は不要と判断できそうである。

^{†20} この規格では測定以外にシミュレーションや分析による評価も述べられているが、測定以外の方法については本稿では触れない。

3.4.1 EUT の動作条件

機器の種類によっては IEC 61000-3-3 の Annex A で試験時の EUT の動作条件^{†21}が具体的に規定されており、その場合はその規定に従う。

その他の場合は、最も不利な(測定結果が悪くなるような)条件で測定を行えば良い。

この条件の決定に際して、一般に、

- 電源電流のより大きな変動
- 電源電流のより急峻な変動
- P_{st} (及び P_{lt}) では
 - 10 Hz 弱により近い周波数での変動の繰り返し
 - 電圧変動の繰り返しの持続
 - 電源周波数に近い次数間高調波電流を発生する場合、より大きな高調波電流、また電源周波数との差が 10 Hz 弱により近い周波数の高調波電流

がより不利となるであろうことも考慮すべきである。

一般に、出力が大きい時にフリッカが大きくなるとは限らないことにも注意が必要である。例えば、オン/オフ制御されているヒーターは、機器の設定、ヒーターの負荷(例えば液体を加熱している場合はその液体の量)^{†22}や周囲環境(例えば気温)などの要因によってオン/オフの周期やデューティーが、従って測定されたフリッカの値が変化するかも知れず、場合によっては最大出力に設定した時にはオンのままとなってフリッカを生じなくなるかも知れない。

どの条件で測定結果が悪くなるかがわからない場合、試験条件の決定のため、フリッカメータで実際の測定結果を確認しながら動作条件を変えることなどが必要となるかも知れない。

観測期間は最も不利な電圧変動を生じる動作サイクルを含まなければならない。 P_{st} の観測期間にフリッカを発生しにくい期間が含まれれば P_{st} の測定

^{†21} 例えば、洗濯機の場合、乾燥質量が 140~175 g/m² の 70 × 70 cm 程度の木綿布を入れ、温水の供給が意図されている場合は 65 ± 5 °C、その他の場合は 15 ± 10 °C の水を給水して通常の洗濯サイクルで動作させる、など。

^{†22} 例えばヒーターのバンバン制御(温度が上側のしきい値を超えればヒーターをオフにし、下側のしきい値を下回ればヒーターをオンにするような制御)によって液体の温度制御を行なっている場合、液体の量が少なれば熱時定数が小さくなり、オン/オフが頻繁に行なわれるようになる。

結果は小さくなるので、 P_{st} の評価に際してはフリッカに関して不利な動作サイクルを実際の使用で想定される範囲内で連続的に繰り返すようにする。^{†23}

測定で使用する電源は、開放状態において、230/400 V $\pm 2\%$ 、50 Hz ± 0.25 Hz、高調波歪み 3 % 未満でなければならない。測定中の電源電圧の変動は、その P_{st} が 0.4 未満であれば無視して良い。^{†24}

3.4.2 P_{st} の測定

10 分の観測期間のあいだ、EUT を §3.4.1 で述べたような形で動作させ、その観測期間中の P_{st} 、またその観測期間中の T_{max} 、 d_c 、 d_{max} の最大値を求める。

3.4.3 P_{lt} の測定

P_{st} の測定を 12 回 (2 時間) 繰り返し、一連の P_{st} の値から、

$$P_{lt} = \sqrt[3]{\frac{\sum_{i=1}^N P_{st i}^3}{N}}$$

その観測期間での P_{lt} を求める。

この測定は無条件で行なうこともできるが、上の P_{lt} の式から、

- フリッカが安定している場合、 P_{lt} は P_{st} とばらつきの範囲で一致する筈である、
- フリッカに変動がある場合でも、 P_{st} が適切に測定されていれば、 P_{lt} は P_{st} を有意に超えることはない筈である、
- 連続動作時間が 30 分以内で、その後 1.5 時間は再び動作させられない機器の場合、 $\sqrt[3]{(1^3 \times 3 + 0^3 \times 9)/12} \approx 0.630 < 0.65$ より、 $P_{st} < 1$ であれば $P_{lt} < 0.65$ となる筈である、

などといったことがわかるだろう。

^{†23} これは機器を連続動作とすることを意味するわけではない。間欠動作の方が不利な場合も多く、その場合は不利な条件での間欠動作を繰り返すことになる。

^{†24} Z_{ref} の影響もあり、試験中の EUT の入力での電圧はこの条件から外れるかも知れない。

従って、

- P_{st} の測定結果が P_{lt} の限度 (限度に対するマージンを設けるのであればマージンを考慮した値) を超えない
- その機器の連続動作時間が 30 分以内で、その後 1.5 時間は再び動作させられない

などの場合は、 P_{lt} の測定を行わずに、 P_{st} の測定結果と机上での評価によって P_{lt} の限度への適合の判断を行なえるかも知れない。

3.4.4 手動スイッチングによる d_{max} の測定

通常の動作サイクル中の d_{max} は P_{st} の測定中に行なうことができるが、これには例えば機器の電源のオン/オフの際に発生するような単発的な電圧変動は含まれないので、その評価を別途行なうことが必要となる。^{†25}

このような手動でのスイッチングで発生する d_{max} の測定は以下に行なう：

- 次のように、 d_{max} の測定を 24 回繰り返す：^{†26}
 - 測定を開始する；
 - EUT の電源を投入する；
 - 1 分の観測期間のあいだ、EUT をできる限り長く動作させる；^{†27}
 - 1 分の観測期間が終わる前に EUT の電源を切り、全ての可動部が静止し、 d_{max} 低

^{†25} これは実質的には突入電流の評価と考えることができる。但し、この評価は半サイクル毎の実効値で行なわれるため、電源投入時に生じることがあるような細いスパイク状の突入電流のピーク値 (それによって引き起こされる細いスパイク状の著しい電圧低下) がそのまま評価されるわけではない。図 5 も参照。

^{†26} d_{max} の測定結果は電源投入時の位相角の違いなどによってかなり大きくばらつくかも知れない。

^{†27} 起動から停止までを 1 分のあいだに行なうことが難しい場合、観測時間を長くすることが必要となるかも知れない。

減デバイスが冷めるまで待つ;^{†28†29}

(e) 次の測定を開始する。

2. 24 回の測定結果から最小と最大の結果を除き、残りの 22 個の値の平均値を求める。

この測定は主に電源の投入時の突入電流によって引き起こされる d_{\max} の評価を意図したものであるが、例えばタイマやセンサなどによる低い頻度での自動的なスイッチングのように、 P_{st} の観測期間に含まれない、著しい電圧変動を引き起こすかも知れない動作が他にもある場合、それについてもこれと同様の方法での評価が必要となるかも知れない。

4 IEC 61000-3-11

4.1 適用範囲

IEC 61000-3-11^[2]、「公共低圧電源系統の電圧変動、電圧動揺、及びフリッカの制限 – 定格 75 A/相以下で条件付き接続の対象となる機器」は、ライン – 中性線間電圧が 220 ~ 250 V、50 Hz の低圧配電系統への接続を意図した、条件付き接続の対象となる機器による電圧変動やフリッカの発生の制限を定めている。

ここで言う条件付き接続とは、この規格の限度への適合のためには分界点 (図 9 参照) における需要家の電源がリファレンス・インピーダンス Z_{ref} ^{†30} よりも低いインピーダンスを持つことが必要となることを意味する。^{†31}

^{†28} d_{\max} の低減 (突入電流の制限) にはしばしばパワー・サーミスタ (NTC) が用いられ、これは冷えている初期状態では高い抵抗を持ち、突入電流を制限するが、通電に伴って温度が上昇して抵抗が低下する。従って、初期状態と同様の評価を繰り返すためには、電源を切った後、それが十分に冷めて高抵抗状態に戻るまで待つことが必要となる。パワー・サーミスタの熱時間定数 (大抵は数十秒から数分) はそれが冷めるために必要な時間の目安となるが、機器への実装の影響などでそれよりもかなり長い時間が必要となることもあるかも知れない。電流制限抵抗とそれを短絡するリレーやサイリスタなどが突入電流の制限に用いられることもあり、この場合に待つべき時間はその回路に依存するものの、これは通常はそれほど長い時間にはならないであろう。また、整流平滑回路が含まれる場合、平滑用コンデンサは次の電源投入の前に十分に放電されているべきである。

^{†29} この評価では、電源を切つてすぐに再投入するような操作、あるいは短時間の停電の影響は考慮されない。だが、そのような状況で突入電流が適切に抑制されないことが予期され、それが実際の使用状況で問題となる可能性が懸念されるような場合には、その確認を追加で行なっておく価値があるかも知れない。

^{†30} IEC 61000-3-3 での測定に用いられるインピーダンス (§3.4 参照)。

^{†31} 電力会社と需要家の分界点 (図 9) までのインピーダンスのみが考慮されていることに注意。従って、その接続の条件を守ればその機器が他の需要家に電圧変動やフリッカの問題を与え

この規格は典型的には 16 A/相を超える機器に適用されるが、16 A/相以下で IEC 61000-3-3 に適合しない機器にも適用することができる。

4.2 評価されるパラメータ、限度、動作条件

評価されるパラメータやそれらに対する限度は IEC 61000-3-3 と同様である (§3.2, §3.3)。

測定での一般的な試験条件や測定手続きも IEC 61000-3-3 (§3.4.1) と同様で、定格 16 A/相以下の機器で IEC 61000-3-3 Annex A で試験条件が規定されている場合は同様にその条件にも従う。

4.3 測定、評価、接続の条件の宣言

測定の原理は IEC 61000-3-3 (§3.4) と同様であるが、測定用のインピーダンスとして IEC 61000-3-3 で用いられるリファレンス・インピーダンス Z_{ref} と異なるものの使用が必要となることがある。

Z_{ref} で測定した結果、あるいは測定結果を Z_{ref} での相当値に換算した結果が限度に適合する場合、その機器は条件付き接続とならず、IEC 61000-3-3 への適合を宣言することができる。^{†32}

その他の場合は条件付き接続となり、最大許容系統インピーダンス Z_{\max} を宣言することが、あるいは 100 A/相以上の電源容量が必要であると宣言することが必要となるが、そのいずれとするかによって異なる評価の方法が適用される。

4.3.1 Z_{\max} を宣言する場合

1. 測定用インピーダンス Z_{test} として、

- 安定状態での電圧降下が電源電圧の 2 ~ 9 %^{†33}

るリスクは低く抑えられると期待できるであろうものの、それよりも下流のインピーダンスは考慮されていないので、これはその需要家自身の設備内での問題を防止するとは限らない。

^{†32} 定格電流が 16 A/相以下であればそもそも IEC 61000-3-3 を適用すべきものとなる。定格電流が 16 A/相以下を超えるものは IEC 61000-3-3 の適用範囲には入らないが、この場合は条件付き接続とならず、その機器は IEC 61000-3-3 に適合する機器と同様に特別な配慮なしに電源系統に接続できることになる。

^{†33} 単相の場合、IEC 61000-3-3 での測定用インピーダンス Z_{ref} は $(0.24\Omega + j0.15\Omega) + (0.16\Omega + j0.10\Omega)$ で、16 A での電圧降下は 7.5 V (230 V の 3%)、43 A での電圧降下は 20 V (230 V の 9%) 程度となる。定常状態での電圧降下が 10% 近くとなる状況では機器の動作に悪影響が出るかも知れないので、

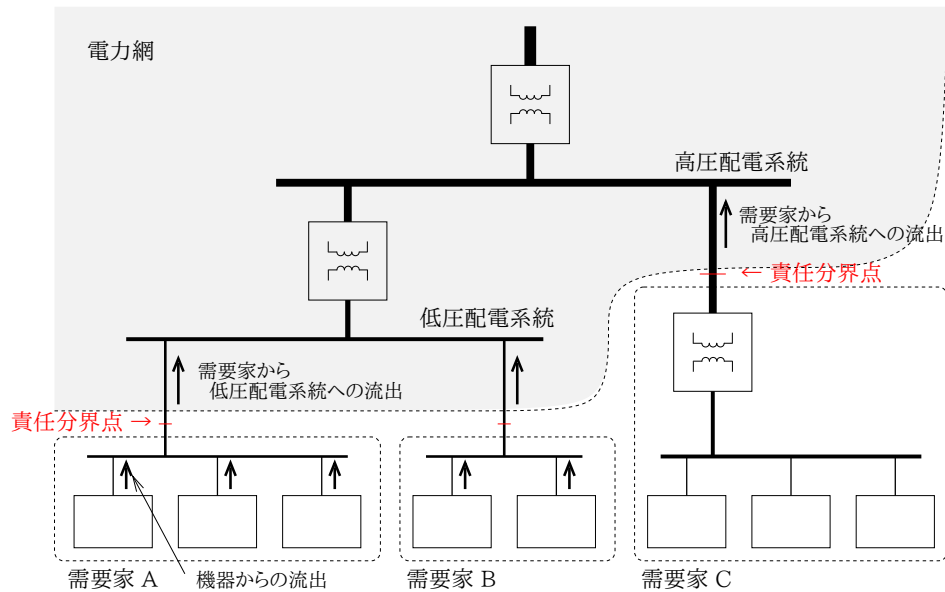


図 9: 配電システムの概観

- Z_{test} の誘導性と抵抗性の成分の比率 X_{test}/R_{test} が 0.5 ~ 0.75

の条件を満たすものを用いて一連の測定を行なう。

2. 測定結果に Z_{ref}/Z_{test} を掛けて Z_{ref} での相当値に換算する:

$$d_c = d_{c\ test} \cdot \frac{Z_{ref}}{Z_{test}}$$

$$d_{max} = d_{max\ test} \cdot \frac{Z_{ref}}{Z_{test}}$$

$$P_{st} = P_{st\ test} \cdot \frac{Z_{ref}}{Z_{test}}$$

$$P_{lt} = P_{lt\ test} \cdot \frac{Z_{ref}}{Z_{test}}$$

3. Z_{ref} での相当値に換算した結果全てが限度に適合していれば IEC 61000-3-3 への適合を宣言する。
4. Z_{ref} での相当値に換算したいずれかの結果が限度に適合しない場合、以下のように それらの値から $Z_{sys1} \sim Z_{sys4}$ を求める:

$$Z_{sys1} = Z_{ref} \cdot \frac{\langle \text{該当する } d_{max} \text{ 限度} \rangle}{d_{max}}$$

消費電流がより小さい場合でも Z_{ref} よりも小さい Z_{test} の使用が必要となるかも知れない。

$$Z_{sys2} = Z_{ref} \cdot \frac{3.3\ \%}{d_c}$$

$$Z_{sys3} = Z_{ref} \cdot \left(\frac{1}{P_{st}} \right)^{\frac{3}{2}}$$

$$Z_{sys4} = Z_{ref} \cdot \left(\frac{0.65}{P_{lt}} \right)^{\frac{3}{2}}$$

5. $Z_{sys1} \sim Z_{sys4}$ の最小値をその機器の最大許容系統インピーダンス Z_{max} とし、取扱説明書で Z_{max} を宣言し、必要であれば電力会社と協議し、その機器をそのインピーダンス以下の電源のみに接続するようにユーザーに指示する。

上記のように、 Z_{max} はそのインピーダンスでの結果が限度に適合するように決定され、 Z_{max} の下限は設けられていないので、 Z_{max} を非常に小さい値とすることを許容できるのであればどのような機器でもこの規格に適合させられることになる。

だが、 Z_{max} は実際の使用状況で達成が困難となるほど低いものとするべきではない。算出された Z_{max} が小さ過ぎて使用の条件として厳し過ぎるような場合、機器を改善し、より高い Z_{max} を指定できるようにすることが必要となるかも知れない。

4.3.2 100 A/相以上の電源容量を宣言する場合

1. 測定用インピーダンスとして以下のインピーダンスを用いて測定を行なう:

- 単相 — $0.25 \Omega + j0.25 \Omega$
 - 三相 — 各相 $0.15 \Omega + j0.15 \Omega$ 、中性線 $0.1 \Omega + j0.1 \Omega$
2. 測定結果が限度に適合していれば、その機器が 100 A/相以上の電源容量の施設での使用のみを意図している旨を取扱説明書で宣言し、必要であれば電力会社と協議し、分界点における電流容量がその機器のために充分であることを確認するようにユーザーに指示する。

機器には 100 A/相以上の電流容量の施設のみでの使用のために適切である旨を明確に表示する。

5 参考資料

- [1] IEC 61000-3-3:2013+A1:2017, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 3-3: Limits – Limitation of voltage changes, voltage fluctuations and flicker in public low-voltage supply systems, for equipment with rated current ≤ 16 A per phase and not subject to conditional connection*
- [2] IEC 61000-3-11:2017, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 3-11: Limits – Limitation of voltage changes, voltage fluctuations and flicker in public low-voltage supply systems – Equipment with rated current ≤ 75 A and subject to conditional connection*
- [3] IEC 61000-4-15:2010, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-15: Testing and measurement techniques – Flickermeter – Functional and design specifications*
- [4] IEC 61000-3-2, -3-12 の概要, 株式会社 e・オータマ, 佐藤, 2020,
<http://www.emc-ohtama.jp/emc/reference.html>