

き電シミュレータの国際規格審議:

EN 50641 とその IEC 規格化

高木 亮 (工学院大学)

Developing an International Standard for the Electric Traction Power Supply System Simulators:

EN 50641 and its Conversion to an IEC Standard

Ryo TAKAGI (Kogakuin University)

Since 2021, I have been appointed as Project Leader for the PT (Project Team) to draft a new international standard under IEC (International Electrotechnical Commission) on the simulation tools used for the design of electric traction power supply systems. EN 50641:2020, developed under CLC (Cenelec: European Committee for Electrotechnical Standardization) and offered to IEC for possible conversion into an IEC standard, will be the basis of the discussions within our PT. In this paper, I will give the outline of the electric traction power supply system simulators, and show readers the current status of the discussion within the PT.

キーワード: 鉄道, き電, シミュレーション, 国際規格

(Keywords: Railway, Electric traction power supply systems, simulation, international standard)

1. はじめに

筆者は, 2021 年より, き電システムのシミュレーション・ツールについての IEC (International Electrotechnical Commission) 国際規格を開発するための PT (Project Team) の PL (Project Leader) に任命されている。IEC で鉄道関係の技術分野を扱う「第 9 技術委員会」(TC9: Technical Committee 9, Electrical equipment and systems for railways) 配下に設けられたこの PT (以下 2022 年時点での IEC TC9 での仮称に倣い PT 641 と称する) では, 先に CLC (Cenelec: European Committee for Electrotechnical Standardization) が発行した欧州規格 EN 50641:2020 を IEC 化するための議論を行っている。

本稿では, 饋電システムのシミュレーションの概要を説明した後, PT 641 における議論の現状を紹介する。

なお, 本稿あるいは企画セッション当日の発表内容は, PT 641 の PL たる筆者個人の見解であることをお断りする。

2. き電シミュレーションとは

EN 50641 は, タイトルに “Requirements for the validation of simulation tools used for the design of electric traction power supply systems” (筆者和訳: 「き電システムの設計に用いられるシミュレーション・ツールの認証のための要求事項」) とあるが, 対象となるツールがどのようなものかはあえて記述がなされていない。しかし, PT 641 席上の欧州エキスパートたちとの議論などを通じ, 各地でき電シミュレーシ

ョンについて多くの経験を積んでいる者が各々想定しているツールについてのイメージの違いは, わずかであることがわかってきた。

そのようなき電シミュレーション・ツールにおけるシミュレーションの流れ⁽¹⁾⁽²⁾は:

- 開始→データ読み込み, 初期設定。時刻 $t \leftarrow 0$
- 時刻 t における等価回路各部の電圧・電流を計算する
- 時刻 t および $t-\Delta t$ における電圧・電流の計算結果からエネルギー等の積分を行う
- 終了条件を満たしていれば終了。さもなくば e) へ
- 時刻 $t+\Delta t$ における列車等の位置・状態を求める
- $t \leftarrow t+\Delta t$ として b) へ

以上のようにして, 変電所や列車などの電圧・電流の経時変化, 各部の電圧・電流・電力の平均・ピーク値等, 変電所負荷分担といった各種の評価量を求めるものである。

ここで, 等価回路としてはさまざまなものが考えられ, EN 50641 ではその適用対象を特に限定していない。例えば, 交流き電系については “lumped impedance model” (交流き電回路の計算において「線路インピーダンスが直線」, すなわち変電所と列車の間のき電回路の線路インピーダンスがその間の距離に完全に比例すると考える簡略化モデル) と “multi-conductor model” (“lumped impedance model” のような簡略化をせず, AT, き電線/トロリ線, 負き電線などがより実物に近い形で等価回路に含まれているモデル) のいずれも対象とされている。同様に, 直流き電系でも, 文献(1)

などで紹介され、よく使われている簡易等価回路（レール側の電流分布とき電線／トロリ線側の電流分布が完全に対称であると考え、レールの抵抗をき電線／トロリ線側の抵抗と合算してレール電位を考慮しないモデル）およびレール電位を考慮するモデルのいずれも対象とするものとされている（なお、こうした情報がすべて EN 50641 には明記されていないことには注意が必要である）。

また、この等価回路の計算において過渡現象は考慮しないのが一般的である。もちろん、過渡現象を考慮するツールを否定する意図はないとされる。

3. EN 50641 におけるシミュレーション・ツールの検証方法

EN 50641 では、詳細な入力データの仕様が規格文書の 6 章に記述されている。シミュレーション・ツールのテストは、この仕様に基づいて入力データを作成してシミュレーションを行い、得られる結果が規定付属書(normative annex) などにおいて定められている出力に関する規定を満たしていれば、合格とする、という建て付けになっている。

EN 50641 では、実測による検証は排除されている。そのような制約があるなかで再現性の高いテストを行うことができるよう、入力データの仕様においては列車走行において「惰行を排し、最短時間で運転させる」ことにしている。こうすることで、多くのツールについて得られる出力がかなり近い値になるので、検証に使える、というのが EN 50641 開発者たちの主張である。

4. PT 641 における議論

〈4・1〉 概要 このような EN 50641 について国際規格化が提案され、現在筆者を PL とする PT 641 において議論しているが、いくつかの問題点が指摘され、議論は膠着状態にある。IEC/TC9 総会における筆者の報告⁽²⁾に基づくなら、主な議論の争点は次の 3 点である：

- (1) 文書のユース・ケース
- (2) 業務指針違反(a)（「適合性評価」関連）
- (3) 業務指針違反(b)（「客観的検証可能性」関連）

〈4・2〉 文書のユース・ケース EN 50641 は、EU 圏内で問題になるインターオペラビリティ関連の基準（TSIs: Technical Specifications for Interoperability）のひとつである TSI Energy にかかわるものである、と文書内に記されている。EU 圏内であれば、その背景となる法的枠組みもふくめ明快であるといえそうだが、EU 圏外でこれがそのまま国際規格化されたとき、その文書がどう位置づけられ得るのかについては明確とはいえない。

〈4・3〉 業務指針違反(a)適合性評価 EN 50641 が TSI Energy と深く関係して作成された関係か、国際規格作成に

において遵守すべき業務指針に示されている適合性評価に係るルール⁽³⁾⁽⁴⁾に明確に違反していると思える部分が見いだされた。ちなみに、本件については IEC/TC9 総会⁽²⁾のほか IEC/TC9 「マネジメント会議」でも指摘⁽⁵⁾したところ、その席上「CLC でも同じルールのもと議論が行われたはずで、その指摘は誤解では」と批判されたため、改めて問題ありと考える場所を指摘し直し、ルール違反の認識が IEC/TC9 のレベルで共有されたと考えている。

〈4・4〉 業務指針違反(b)客観的検証可能性 EN 50641 では、仕様に基づき行ったシミュレーションの結果の「許容範囲」が規定付属書に記述されているが、その数値自体が「すでにき電システムの設計に用いられているいくつかのシミュレーション・ツールによる評価を通じて」つくられたことが参考付属書に述べられている。

そして、同じ参考付属書に、許容範囲は「これらのツールの出力結果の変動範囲をカバーする適切な範囲となるように」とったことが記されている。しかし、業務指針⁽⁶⁾は明確にこのような説明を禁じている。

5. おわりに

EN 規格の IEC 化では、すでに 10 カ国以上が存在する EU 圏内での議論の結果発行され、適用が開始された域内規格についての審議となるため、日本など EU 圏外の意見を反映させるのは難しいことが多い。しかし、EN 50641 に関しては、幸い 4 章で示したように業務指針のような基本的なルールに反するようなレベルの問題点が数多く見つかっていることから、PT 641 ではこれを足がかりにある程度規模の大きな修正を実現し、我々にとってより役に立つ国際規格にしていきたいと考え、難しい議論を進めている。3 章で述べたように、EN 50641 の評価の枠組みには興味深い新規性もあるので、その精神を可能な限り活かした規格の開発を通じて欧州エキスパートも含めて笑顔で新たな規格を送り出せばいいと考えている。

文 献

- (1) 電気鉄道におけるき電システム調査専門委員会編：『回生車を含むき電システムの現状とあり方』、電気学会技報 (II) 296 (1989), 3.1.1
- (2) Takagi, R.: “IEC/TC9/PT641 ‘Railway applications – Fixed installations – Requirements for the validation of simulation tools used for the design of electric traction power supply systems’ Activity Report”, 62nd IEC TC9 Plenary Meeting, Milan, Italy, 9(Milan/Secretariat)42 (2022)
- (3) “ISO/IEC Directives Part 2”, Edition 9.0 (2021), Clause 33
- (4) “ISO/IEC Directives Part 1 + IEC Supplement”, Edition 18.0 (2022), Annex SD (normative)
- (5) Takagi, R.: “IEC/TC9/PT641 ‘Railway applications – Fixed installations – Requirements for the validation of simulation tools used for the design of electric traction power supply systems’ Activity Report”, 29th IEC TC9 Management Meeting, Erlangen, Germany, 9(Erlangen/Secretariat)09 (2022)
- (6) “ISO/IEC Directives Part 2”, Edition 9.0 (2021), 5.5