



駅内配電システムの直流化に関する開発

1. はじめに

駅内配電は変圧や保護が容易な交流配電を採用しています。近年、駅では営業時間内の停電がサービス上許容されない出札機器やエスカレータ等の交直変換を多用する電機設備が増備され、配電設備が複雑化するとともに交直変換による電力損失が増加する傾向にあります。また、無停電電源装置(UPS)や電源切替器等の高価な停電対策が整備されていない駅に停電リスクが残存しています。

そこで、安価な停電対策、配電設備の簡素化、電力損失の抑制を実現すべく直流配電技術に着目しました。本稿では、駅内直流配電システムの開発の取り組みを報告します。

2. 駅内配電システムの概要

前章で述べた課題を有する駅として、2回線受電している駅を一例に挙げます(図1)。受電は、三相電源を常用回線、単相電源を予備回線としています。また、駅の電機設備は照明負荷、重要負荷、動力負荷、交流負荷に分類されます。ここで、照明負荷はLED照明等の瞬時停電対策を施さない単相駆動の設備を、重要負荷は券売機等の瞬時停電対策を要する単相駆動の設備を、動力負荷は空調等の三相駆動の設備を、交流負荷はパソコン等のコンセントを用いた単相駆動の設備を言います。また、常用回線の停電対策で、有事に予備回線へ切り替える装置(電源切替器)を負荷の電源側に設置しています。

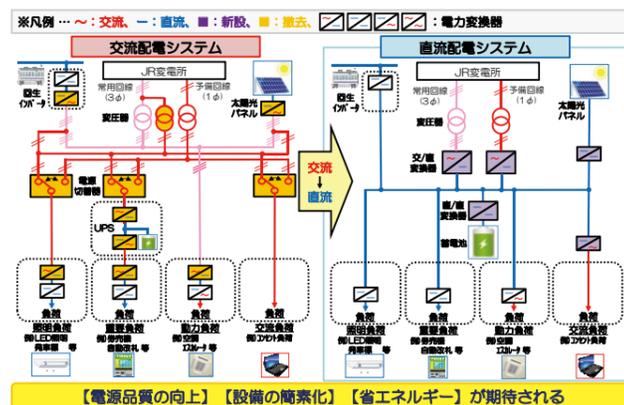


図1：駅内直流配電システムの概念図

3. 駅内配電システムの直流化による効果⁽¹⁾

駅の既存(交流)の配電システムを直流化したものを(図1)に示します。このシステムに期待される効果は「電源品質の向上」「設備の簡素化」「省エネルギー化」の3点です⁽¹⁾。

(1) 電源品質の向上

交流システムの常用回線で停電が発生すると、照明負荷等では電源切替器の動作時に瞬時停電が発生し、予備電源の無

い動力負荷では停電となります。故に、事故(計画外)停電に伴う安全性やサービスの低下が懸念されます。一方、直流システムは常用・予備回線の電源を同時に確保でき、常用回線の停電の影響を負荷まで及ぼしません。故に、事故停電に伴う懸念事項の解消が期待できます。

(2) 設備の簡素化

配電システムを交流から直流に変更する際、変圧器二次側の電力変換器や直流母線用の蓄電池等を新設する必要がありますが、電源切替器やUPS等を数多く撤去することができます。故に、設備の故障頻度が低減して保守業務の省力化が期待できます。

(3) 省エネルギー化

電力変換損失の観点で、変圧器負荷側～重要負荷間の電力供給過程における電力変換に注目すると、交流システムでは必要以上に変換していますが、直流システムでは必要最低限の変換で済みます。故に、電力変換損失の低減で省エネルギーの推進が期待できます。

4. 駅内直流配電システムの課題

駅内配電システムの直流化には、技術面および法制度・関連規格面の課題があります。

(1) 技術面の課題

- ① 経済性に関すること
 - ・省エネルギー効果の定量化
 - ・電力変換損失の削減(交直変換の高効率化)
 - ・導入費用の削減(既存の電機機器の流用等)
- ② 安全性に関すること
 - ・直流配電内の短絡/地絡保護協調の確立
 - ・配電線、電力変換器、蓄電池の仕様の決定

(2) 法制度・関連規格面の課題

- ・直流向け法制度や関連規格の整備

5. 省エネルギー効果の定量化⁽²⁾

本節では3章の課題のうち、「省エネルギー効果の定量化」の取組内容として、「省エネルギー効果の定量的評価」を紹介しします。

中規模の地上駅・高架駅・地下駅をモデルに、すべての配電線と電力変換器の電力損失を加味し、既存の交流システムと比較して直流システムの省エネルギー量を試算しました。直流システムについては、電源品質の向上と省エネルギー化の

観点で基準電圧340Vの直流母線のみで構成し、交直変換器には次世代半導体(変換効率:95~98%)を想定しました(図2)。なお、簡易的な評価のため、常時一定負荷かつ力率100%としました。

評価の結果、地上駅・高架駅・地下駅の順で省エネルギー効果が高まることを見込まれました(表1)。これは、今回の直流システムでの電力損失が低い照明負荷や動力負荷の負荷割合が大きくなるためと考えられます。

6. 導入費用の削減⁽³⁾

本節では3章の課題のうち、「導入費用の削減」の取組内容として、「券売機電源部への直流電源印加時の駆動評価」を紹介しします。

直流配電システムの実用化に当たり、多くの駅電機設備を直流電源仕様に改修した場合、設計や製作等に多くの費用を要します。そこで、既存の交直変換器を流用することで、機器改修の最小化による費用削減を目指しています。この変換器にはダイオード整流器が採用されており、理論上、整流器二次側電圧と同等の直流電源を印加すると交流電源印加時と同等な電圧を出力すると考えられます(図3)。そこで、券売機の交直変換器を対象に待機状態で「直流電圧148V(定格交流電圧105Vの $\sqrt{2}$ 倍)」を印加した際の駆動安定性を評価しました。評価の結果、直流電源下でも交流電源下と同様に安定駆動(安定的に直流電圧5.24Vを出力)することを確認しました(図4)。

7. おわりに

駅において「電源品質の向上」「設備の簡素化」「省エネルギー化」を実現すべく、駅内直流配電システムを開発しています。これまでの取り組みで、直流母線の基準電圧を最適化することで一定の省エネルギー効果が期待でき、適切な電圧の直流電源で既存の交直変換器を流用することで導入費用削減の可能性があると考えられます。今後、直流配電内の短絡/地絡保護協調の確立等を進める予定です。

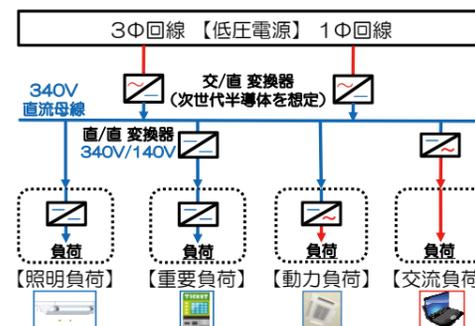


図2：駅内直流配電システムのブロック図

表1：直流化に伴う省エネルギー評価結果

モデル駅	交流配電との比較[%]
中規模地上駅	±0.0
中規模高架駅	-1.8
中規模地下駅	-2.5

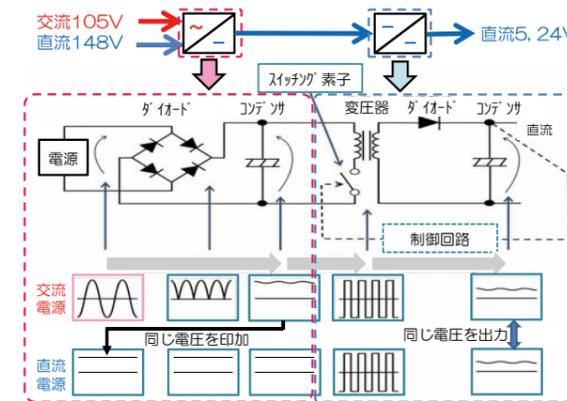


図3：既存の交直変換器の流用

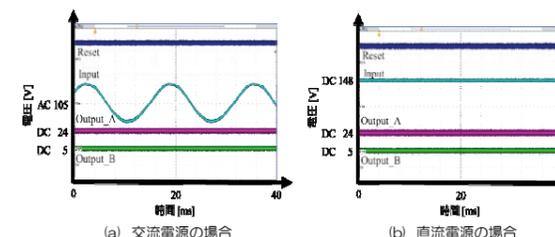


図4：券売機用交直変換器の入出力波形

参考文献

- 1) 蘭田洋平・小林慶彦・森貞雄・川原敬治・竹内勇人・大塚省三・福島勇児・藤田敬喜：「駅内配電システムの直流化に関する一考察」、平成30年電気学会全国大会講演論文集、5-245(2018)
- 2) 蘭田洋平・筒井信道・西野憲一郎・仲野淳・福野研一・竹内勇人：「電源品質の向上を考慮した駅内直流配電システムの省エネ評価」、第26回鉄道技術連合シンポジウム講演論文集、S3-4-2(2019)
- 3) 蘭田洋平・仲野淳・荒木紳児・松田博：「駅内配電システムの直流化に向けた券売機電源部への直流電源印加時の駆動評価」、第56回鉄道サイバネ・シンポジウム講演論文集、602(2019)