

画期的な電気アーク炉用電源システム “アクティブパワーフィーダー”

Active Power Feeder, a Ground-breaking Power Solution
for Feeding Electric Arc Furnaces



Primetals Technologies Germany
Sales Team - Active Power Feeder
Julian Magin
<https://www.primetals.com/portfolio/automation-digital-plants/power>

アクティブパワーフィーダー (APF: Active Power Feeder) は、AC 電気アーク炉 (EAF: Electric Arc Furnace) 用に特別に設計された最新の電源システムである。APF は、電子アクチュエータであるモジュラーマルチレベルコンバータ (MMC: Modular Multilevel Converter) を利用して、電力供給側の電力品質を維持しながら、EAF へ電力を供給し、低フリッカー、低高調波歪、高力率を実現する。無効電力補償システムは必要なく、同一電源バス上の別の設備も補償することができる。画期的なダイナミックプロセス制御により、EAF 運転の安定性と効率が向上する。炉電流、周波数、アーク電圧を運転状況に応じて自動的に調整し、電流変動を最小化し、過電流を回避し、アークの安定性を高める。高速かつ無段階のデジタル制御により、最適な EAF の運転ポイントを維持し、電源投入時間とエネルギー消費量を削減する。また、過電流を厳密に制限することにより、EAF の電気・機械設備のストレスおよび摩耗が低減され、メンテナンスおよび電極損耗量の低減にもつながる。

APF により、従来の EAF がデジタルグリーン EAF に移行する。

1. APF の説明

EAF 用の新しい電源システムである APF の主な特長は次のとおりである。

- ・有効電力をグリッド (電源供給側) から EAF に供給
- ・グリッド電圧・周波数の維持・安定化
- ・EAF の溶解プロセスのデジタル制御 (ダイナミックかつ効率的な制御)
- ・高いエネルギー効率、高い生産性、安定した運転、高可用性を実現
- ・従来併設していた無効電力補償システム (静止型無効電力補償装置 (SVC: Static Var Compensator)、自励式静止型無効電力補償装置 (STATCOM: Static Synchronous Compensator) など) は不要
- ・直列リアクトル、タップ切替、遮断器等の電気・機械設備が不要

APF の主な特長は、EAF 側とグリッド側を分離し、高速・無段階のデジタルアクチュエータで個別に制御することである (図1)。

電圧レベルとして中電圧 (MV: Medium Voltage) を適用している MMC は、低損失、低高調波歪 (きれいな電圧・電流波形)、高速かつ正確な作動、高可用性と設置の柔軟性が特徴であり、本電源システムに採用されている。

APF は、溶解工場の建屋外の最適な場所に設置することができ、設置面積を最適化できる (図2)。これは、スペースが限られたプラントや改修工事において大きなメリットとなる。

APF は、グリッド側と EAF 側を独立に制御可能である。

・ グリッド側制御

APF は、アクティブフロントエンド (AFE:Active Front End) の機能を有しており、PCC (Point of Common Coupling: 受電点) までの電力品質を制御することができる (図2)。AFE はグリッドに対する力率を最大にし、高調波歪とフリッカーを除去する。従来必要であった無効電力補償システムは不要である。

・ EAF 側制御

APF は高速ダイナミックプロセス制御により、高速でスムーズかつ安全な溶解プロセスを実現する。従来の EAF では、炉用変圧器のタップ切替や電極アームの昇降動作などの低応答のメカトロアクチュエータによって EAF を制御することしかできず、制御がプロセス外乱に追いつかなかったのに対し、APF の高速・無段階デジタルアクチュエータは、プロセス外乱に瞬時に反応し、安定した運転が可能となる。

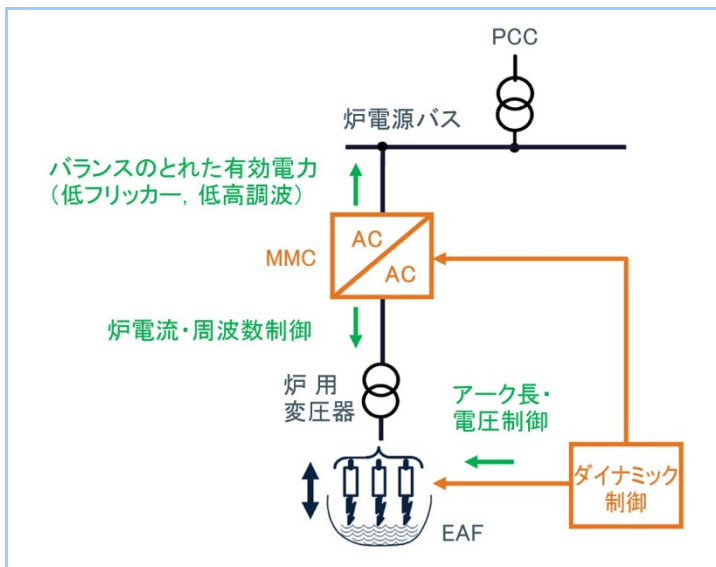


図1 EAF 用新電源システム APF

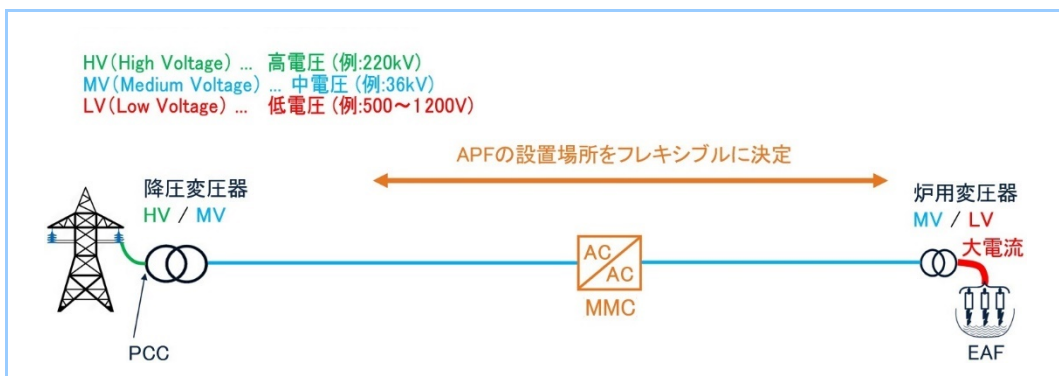


図2 フレキシブルな APF の設置

2. 従来技術との比較

EAF と炉電源バスが直接接続される従来方式と比較して、MMC による電源システムである APF は、EAF と炉電源バスの間に接続される (図3)。

従来の EAF は、スクラップの激しい溶解プロセスにより、電気負荷として非常に不安定であった (図4)。アークのダイナミックな挙動はアーク消失、短絡、負荷変動及びアンバランスのような大きな変動を発生させ、フリッカーや高調波歪の発生、力率の低下を引き起こす。

この変動は、電極のメカトロ位置決めシステムや炉用変圧器のタップ切替の動作速度に較べ極めて高速である。このため、従来は、電力供給側のグリッドコードの要件に適合するため (電源

供給側の変動を最小にし、高力率を維持するため)、SVC または STATCOM のような無効電力補償システムが必須であった。

一方、APF は、従来方式で必要な無効電力補償システムやフィルタが不要となる。APF の補償能力は、フィルタ付き STATCOM よりも優れており、APF を導入することにより、フリッカー低減係数 10 以上(フリッカーレベルを補償なしの場合に比べ1/10 以下に低減)という高い数値を実現することができる。汚れた炉電源バスはクリーンな電源バスとなり、同一電源バス上にレードル炉がある場合でも、従来併設されていた無効電力補償システムなしで APF によりレードル炉を補償することが可能となる。

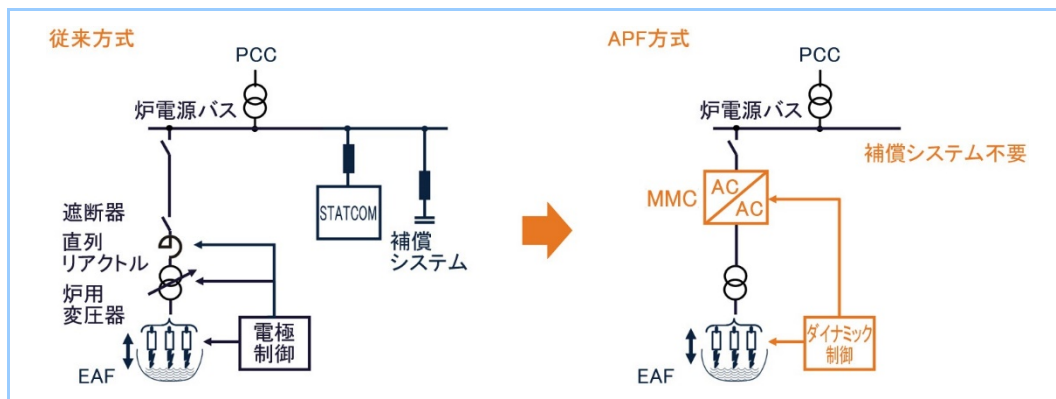


図3 APF によるデジタルグリーン EAF への移行

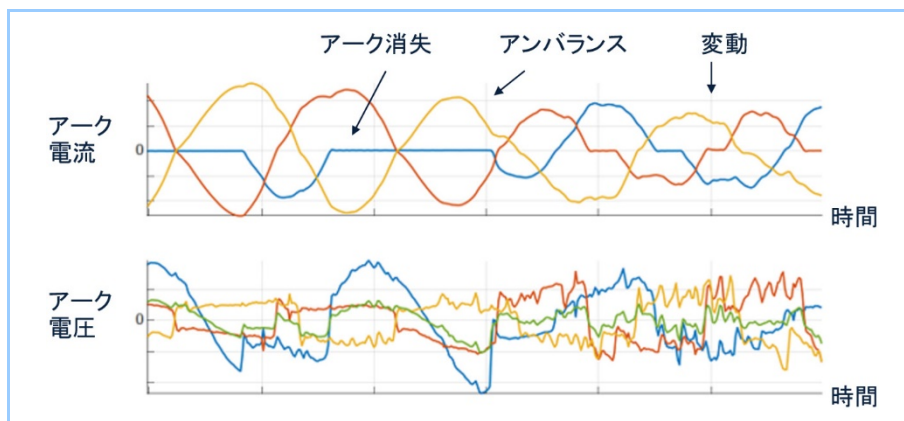


図4 EAF の挙動に起因する電力品質問題(例)

3. 新ダイナミックプロセス制御

MMC は、ダイナミックデジタル EAF 制御用の新しい高速無段階アクチュエータである。セットポイントは、電極制御システムであるメルトエキスパート(Melt Expert)によって設定される。

電流と周波数は MMC により調整され、アーク長(アーク電圧)は電極アーム油圧システムにより調整される。

また、各電圧/電流の位相は、ホットスポットまたはコールドスポットを制御するために個別に調整される。

各鋼種に対応した入力電力プロファイルは、溶解プロファイルに保存され、溶解プロセス条件、すなわちボーリング期、溶解期、精錬期に応じて適用される。

EAF の制御は、APF の高速無段階電流制御により、条件はあるが、炉用変圧器のタップ切替なしで実施され、電極昇降は最低限の動作となり、主にスクラップの溶解の動きに追従する。

4. 炉電流制御による改善と省エネポテンシャル

炉電流を制御することにより、EAF へ供給される有効電力を増加させ、最終的に電源投入時間

を低減し、EAF の生産性を向上させることができる。図5のシミュレーションは、2つのスクラップバスケットを溶解した場合の従来方式での運転(青色)と APF による運転(赤色)の炉電流を比較したものである。

APF によるダイナミックプロセス制御は、ボーリング期/溶解期でのプロセス外乱を効率的に抑制し、電流変動を大幅に削減、アーク安定性を改善すると共に、過電流が設定値を超えないよう制御していることが、図5から分かる。これにより、特にボーリング期と溶解期において、より安全な運転が可能になり、EAF へ供給する有効電力を増加させることができる。図6のシミュレーションの例は、10%の電源投入時間の削減が可能であることを示している。

ボーリング期、溶解期でのエネルギー削減は、電源投入時間の短縮、すなわち熱損失と電気損失の低減によるものである。上記の例は、生産量 1 トン当たり 8%のエネルギー消費量の削減に相当する。さらに、アークが安定している精錬期においては、例えば、60Hz の代わりに 40Hz となるように周波数を下げることで、損失を低減させ、さらなる省エネが可能となる。

また、電流変動の低減は、電極損耗量の低減(図6に示す-5%)や電極損傷の低減のような運用コストの削減につながる。APF を導入することにより、設備の電氣的、機械的ストレスが大幅に低減され、その結果、EAF の稼働率が改善し、既存の炉用変圧器、タップ切替、遮断器、フレキシブルケーブル、電極アームのメンテナンスコストが削減され、安定した操業が可能となる。

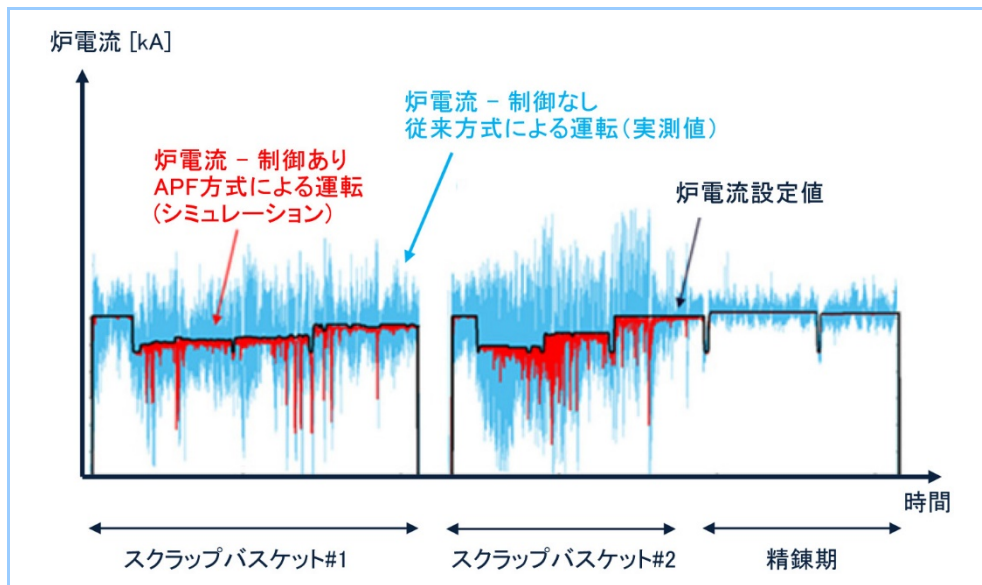


図5 APF による炉電流制御

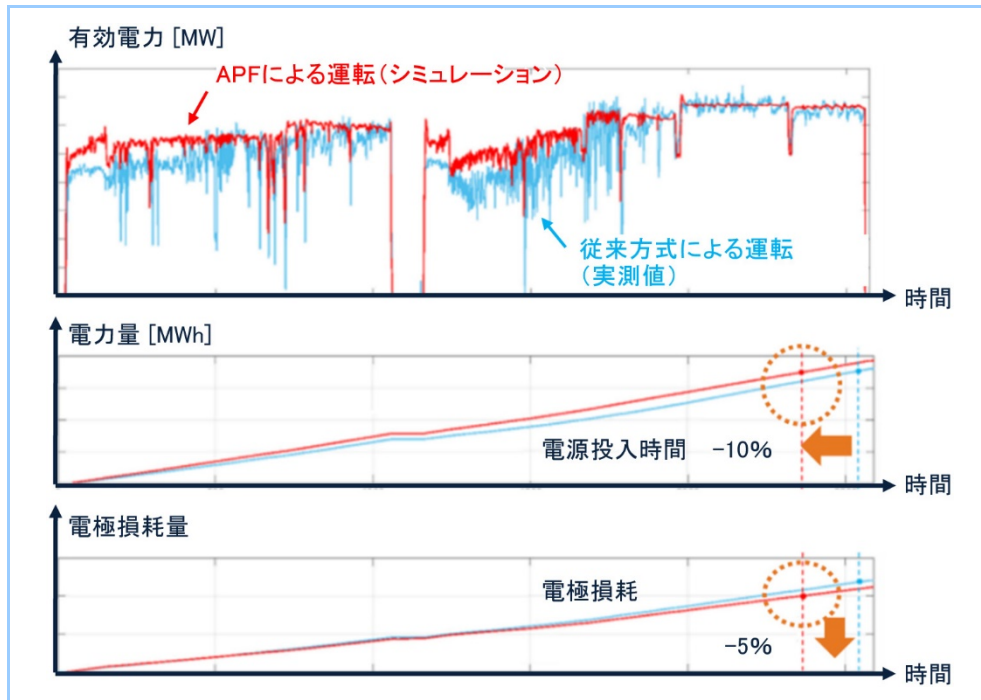


図6 APF による有効電力増加, 電源投入時間短縮, 電極損耗量削減

5. 今後の展望

APFは、2025年にドイツのEAF(出鋼量50トン)に導入され、新技術による、環境、技術、実業上のメリットを実証する予定である。APFは、材料としてスクラップやDRI(Direct Reduction Iron:直接還元鉄)を含む幅広いEAFへの電力供給に適している。容量に関しては、今後、出鋼量300トン以上の大型炉向けのAPFを開発する予定である。

(翻訳:プライメタルズ テクノロジーズ ジャパン株式会社 馬庭修二)