

ゼロから学ぶ PID 制御(⑤燃焼制御) コース

PID 制御はシンプルで、分かり易い構成であるが、非常に有効な制御技術であり、最も多用されている。しかし、PID 制御系は外部から取り込んでいる情報は制御量(PV)1点のみで、これを用いて、目標値(SV)との偏差(e)を取って、制御した結果の妥当性を判断し、次の操作量(MV)を決定するというフィードバック(FeedBack:FBと略す)制御を構成している。したがって PID 制御は外乱が発生すると、その影響が制御量 PV に現れて、偏差が出てから初めて修正制御するという「後追い制御」となっているために、PID 制御は「外乱に弱い」という原理的限界を持っている。FB 制御は戦法に例えると、敵に攻め込まれて被害が発生してから防戦する「専守防衛型戦法」に類似していると言える。

この外乱に弱いという PID 制御の原理的限界を打破する技術が「外乱の情報を取り込んで、外乱が制御量に影響を与える前に、先回りして外乱の影響を打ち消す先行予測制御、つまりフィードフォワード(Feed Forward:FFと略す)制御」である。FF 制御は戦法に例えると、敵兵力の情報を取って、国境で敵兵力に見合った兵力を準備して待ち伏せし、国境で敵を殲滅して被害を未然に防ぐ「先行情報活用待ち伏せ型戦法」と類似していると言える。この FF 制御および FB 制御の長所を組合せたものが「FF/FB 制御」である。

この両者は「PID(FB)制御と FF 制御を駆使すれば、他の制御技術は不要である」と宣言できるほど、重要な位置付けにある制御技術である。

この「燃焼制御コース」では、これまでのコースで学んで来た制御技術を組み合わせて構成する燃焼制御について、詳しく説明を展開していく。

■ゼロから学ぶ PID 制御(⑤燃焼制御コース)の内容

はじめに

目次

- 第 1 回 燃焼制御の重要性
- 第 2 回 燃焼制御の位置付け
- 第 3 回 制御から見た燃焼の基礎
- 第 4 回 基本燃焼制御方式とその問題点
- 第 5 回 ダブルクロスリミット燃焼制御方式
- 第 6 回 改良形ダブルクロスリミット燃焼制御方式
- 第 7 回 上位制御系のリセットウィンドアップとその防止対策の深耕
- 第 8 回 知っていると便利な関係
- 第 9 回 混焼ダブルクロスリミット燃焼制御方式
- 第 10 回 自然通風ダブルクロスリミット燃焼制御方式
- 第 11 回 ガラス溶解炉ダブルクロスリミット燃焼制御方式
- 第 12 回 微粉炭ダブルクロスリミット燃焼制御方式
- 第 13 回 排ガス O₂/CO 制御

おわりに

<補足説明>

ダブルクロスリミット燃焼制御方式の開発物語

Web 講座：「燃焼制御コース」の要約(アブストラクト)

はじめに

燃焼制御コースの位置付け、狙い、概要やコース構成などについて述べ、全体像を紹介する。

第1回 燃焼制御の重要性

現在の産業構造はエネルギー多消費型となっている。この産業構造を支える「燃焼制御」について、詳しく説明を展開していく。第1回では燃焼制御の3つの課題、(1)省エネルギー、(2)地球環境汚染防止、(3)速応化(本格的フレキシブル生産)について考える。

第2回 燃焼制御の位置付け

燃焼制御がどのように位置付けられるかをボイラ制御システムの例を挙げて検討し、さらにプラント制御システムにおける階層的な位置付けおよび水平的な位置付けについて考える。燃焼を含んでいるプラント制御システムでは「燃焼制御」の性能が最も注目される。

第3回 制御から見た燃焼の基礎

燃焼において、燃料と空気がどのような関係にあれば、燃焼を最適状態にすることができるか？について考える。空気過剰率と省エネルギーと地球環境汚染防止の相互関係から、「最適燃焼ゾーン」が存在することを明らかにし、燃焼制御のあり方について考える。

第4回 基本燃焼制御方式とその問題点

基本燃焼制御方式では燃焼負荷が急変したときに、実際の空気過剰率 μ が過渡的に大きく変動するという問題が発生する。この現象は燃料流量制御系と空気流量制御系の応答速度の差によって誘起されることを説明し、その問題点を解消する基本的考え方を説明する。

第5回 ダブルクロスリミット燃焼制御方式

燃焼負荷が急変した時に、実際空気過剰率 μ の変動を抑制して常に「最適燃焼ゾーン」内で燃焼させ「省エネ」と「環境汚染防止」の限界に挑む1つの方法として、筆者が開発・実用化したもので広く利用されている「ダブルクロスリミット燃焼制御方式」の基本について詳しく説明する。

第6回 改良形ダブルクロスリミット燃焼制御方式

燃焼を「最適燃焼ゾーン」内に封じ込めるように制限を課すと2つの副作用、つまり「応答遅れ」と「上位制御系のリセットウィンドアップ」が発生する。この副作用の発生メカニズムと副作用を解消した「改良形ダブルクロスリミット燃焼制御方式」を詳しく説明する。

第7回 上位制御系のリセットウィンドアップとその防止対策の深耕

燃焼を「最適燃焼ゾーン」内に封じ込めるように制限を課すと副作用の1つとして「上位制御系のリセットウィンドアップ」が発生し制御性能の低下を招く。この副作用の発生メカニズムとその防止対策を深耕して実用形態が生まれるまでの経緯を詳しく説明する。

第8回 知っていると便利な関係

使用する「燃料の性状(性質および状態)データ」に簡単な計算加工を加えて得た情報と関係式を用いて、燃焼をマクロな視点から見て、制御系の構築や設計をしたり、妥当性のチェックする方法を紹介する。これらは現場で非常に役立つ知見なので、活用願いたい。

第9回 混焼ダブルクロスリミット燃焼制御方式

複数の燃料を混焼する場合がしばしばある。製造過程で副生する副生燃料(wild fuel)がある場合は、これを有効利用する。その際、燃焼負荷や混焼率がどのように変化しても、常に燃焼を「最適ゾーン」内に維持する「混焼ダブルクロスリミット燃焼制御方式」について詳説する。

第10回 自然通風ダブルクロスリミット燃焼制御方式

燃焼によって発生する炉の外部圧力と内部圧力との差圧を利用して燃焼用空気を供給する自然通風の場合に、燃焼を常に「最適燃焼ゾーン」内に封じ込めるようにして省エネおよび環境汚染防止を実現する「自然通風ダブルクロスリミット制御方式」について詳説する。

第11回 ガラス熔融炉ダブルクロスリミット燃焼制御方式

複数の温度制御用の燃料流量制御系に対して、燃焼用空気は一括して供給する場合にダブルクロスリミット制御方式の考え方を拡張して、各ゾーンの温度制御機能と省エネ・環境汚染防止を並立させる「ガラス熔融炉ダブルクロスリミット制御方式」について詳説する。

第12回 微粉炭ダブルクロスリミット燃焼制御方式

固体燃料の微粉炭に対して、ダブルクロスリミット燃焼制御方式の考え方を拡張して、省エネ・環境汚染防止を並立させる「微粉炭ダブルクロスリミット制御方式」について詳説する。伝熱部にすす付着による蒸気圧力制御性能の低下を補償する方法についても説明する。

第13回 (最終回) 排ガスO₂/CO制御

燃焼制御は燃焼状態如何にかかわらず、実際の空気過剰率が最適燃焼ゾーン内に入るように制御することである。燃焼制御をさらに高度化するには、何を指標として空気過剰率を設定制御するかが問題となる。そこで、排ガスO₂/CO制御を説明して最終回としている。

おわりに

補足説明

ダブルクロスリミット燃焼制御方式の開発物語