

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 羽田 壽夫

本論文は、「超々臨界圧変圧運転二段再熱ボイラ最適伝熱面配置の研究」と題し、6章からなっている。

1973年と1979年に起きた2度の石油危機を契機として、1980年以降にはプラントの省エネルギーの見直し検討が進められるとともに、プラント効率向上を目的とし、24.1MPaの超臨界圧主蒸気圧力条件を更に高温高圧化する、いわゆる超々臨界圧変圧運転二段再熱プラントの開発要求が高まってきた。そこで、従来の超臨界圧火力発電プラントの発電効率39%より相対値にて5%の大幅な向上を目指し、蒸気条件31MPa、566/566/566℃のプラントの開発を計画した。さらに、発電所の運用性を高めるため、出力調整用に運転圧力の変化を従来の変化率より急速に行う必要性が生じた。このため、従来のボイラ設計方式では蒸気温度の制御が困難となるだけでなく、ボイラ構造部の耐力の不足が予測された。本論文は、これらの解決のために行った火力プラント動特性シミュレータの開発と、それを用いて解析したボイラの伝熱面配置の有効性と根拠、この解析結果を基に建設された発電所のボイラによる実缶試験による制御性と耐久性の確認について述べている。

第1章「超々臨界圧変圧運転二段再熱ボイラの概要」では、超々臨界圧変圧運転二段再熱ボイラの開発の経緯、課題と対応技術開発及び本論文の構成を説明している。

第2章「超々臨界圧変圧運転二段再熱ボイラの問題点とその解決策」では、1983年及び1984年当時の新鋭超臨界圧変圧運転ボイラにおける試運転調整中に、従来の負荷変化率の低いベース負荷運用機では考えられなかった静定条件から大幅に乖離した過渡応答特性が観察されたこと、そのため①負荷変化に伴うボイラ保有水量変化に伴う給水量のオーバーフィーディング、アンダーフィーディングの必要性、②負荷変化に伴うボイラ保有熱量変化に対応するため燃料流量のオーバーファイアリング、アンダーファイアリングの必要性、③負荷変化時の蒸発器系と過熱器系、再熱器系間の熱吸収量移動手段としてのガス再循環量のアンダーフィーディング及びオーバーフィーディングの必要性、④この過渡応答時に生じるボイラ構造壁の中間負荷弱点部位に対する構造的補強の必要性などを明らかにしている。さらに、従来の超臨界圧プラントよりも更に高圧化した超々臨界圧変圧運転プラントでは、厚肉化による重量増大、蒸発器温度の上昇などのため、制御・運転方法の配慮に加えて、伝熱面配置の開発が必要となり、その解決策として新たな伝熱面配置を提案している。

第3章「火力プラント動特性シミュレータ」では、集中定数系による簡易積分

計算を利用する火力プラント動特性シミュレータの精度向上，実機試運転結果との対比による検証について述べている．

第4章「火力プラント動特性シミュレータによる著者提案伝熱面配置の検証」では，著者提案ケース①水冷壁後部伝熱壁の採用，ケース②煙道蒸発器の過熱器後流への採用，ケース③煙道蒸発器を並列に3分割し，これらを夫々，後部煙道，スプリットガスパス内の横置き過熱器，一段横置き再熱器，二段再熱器の下流側に設置する伝熱面配置の採用，について動特性シミュレータによる解析を行っている．その結果，ケース①では(1)負荷変化中に水冷壁出口エンタルピが負荷変化中に過渡的に増大し，水冷壁出口部分構造の中間負荷運用耐力弱点部位の耐力に問題が生じ得ること，(2)負荷変化中の節炭器出口サブクール度が失われ，気液二相流領域に突入しており，火炉水冷壁の安全性の面で問題のあること，(3)負荷変化時，後部煙道のガスパス間の温度差は最大110℃に達して，後部伝熱壁に接続している非耐圧部スチールケーシング構造耐力弱点部位の耐力の面で問題があること，ケース②では蒸気温度制御，主蒸気圧力制御，発電量制御など制御性の面では問題はないが，後部煙道の3ガスパス間のガス温度差は前ケースと同様最大110℃に達しており，後部伝熱壁に接続している非耐圧部スチールケーシング耐力弱点部の耐力の面で問題が残ること，ケース③ではケース①に比し，ケース②同様負荷変化時の水冷壁出口エンタルピ偏差が抑制され，蒸気温度制御，主蒸気圧力制御，発電量制御など制御性の面で問題はなく，後部煙道の3ガスパス間の温度差も最大で25℃以内におさまっており，全ての面で問題がないこと，を明らかにしている．

第5章「実缶負荷変化試験による確認」では，著者提案ケース③の伝熱面配置を実際に採用した中部電力川越1号ボイラの100%負荷より50%負荷まで，火力プラントシミュレータにて解析した5%/分の負荷変化よりも更に急速な7%/分の負荷変化率にて負荷変化させた例を解析し，本伝熱面配置案が，蒸気温度制御性と中間負荷運用耐力弱点部位の耐力の両面から，要件を満足していること確認している．

第6章「結言」では，以上を総括するとともに，開発した火力発電プラントの動特性シミュレータが現時点でも有効であること，著者の提案したボイラ伝熱面配置が超々臨界圧変圧運転二段再熱ボイラの厳しい中間運用に対して十分な耐力を有し，高効率ボイラの設計に有効であることを明らかにしている．

上記のように本論文は，超高圧，超高温で稼動する超々臨界圧二段再熱変圧ボイラの蒸気温度の制御性と耐力確保のための伝熱面設計指針を明示し，我国最初の超々臨界圧変圧運転二段再熱ボイラの実用化を達成しており，機械工学，特にボイラ設計工学の発展に寄与するところが大きい．

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる．