

審査の結果の要旨

氏名 ティン ティン イ

本論文は高温超臨界圧軽水炉（SCLWR-H）の起動方式を設計検討したもので論文は4章により構成されている。

第1章は序論で対象とした炉の特徴と特性について述べ、SCLWR-Hは炉心平均冷却材出口温度、炉内冷却材密度変化、そして出力対流量比が大きく、起動方式と起動時の安定性について検討する必要があるとしている。

第2章は起動について述べている。まず、核加熱を行う前に、超臨界圧力まで昇圧する定圧起動方式と核加熱を亜臨界圧力で開始し、負荷の上昇に応じて昇圧する変圧起動方式があるとしている。燃料集合体の次元単チャンネルモデルを用いた計算コードを開発し解析を行っている。起動条件として：タービン入口蒸気の湿分が0.1%以下、起動時のNi合金燃料棒被覆管表面最高温度は定格運転時の制限値である620℃以下、変圧起動方式では亜臨界圧力の下降流水減速棒内で沸騰やドライアウトが生じてはならない、炉心出口エンタルピはタービン入口で必要となる蒸気エンタルピが得られるように十分に高くなければならないを挙げている。

定圧起動方式では、フラッシュタンクと圧力逃し弁から構成される起動バイパス系統が必要となる。起動初期段階の炉心出口冷却材は圧力逃し弁により減圧され、フラッシュタンクへと流れ、蒸気と水が分離される。フラッシュタンクの圧力が十分に高くなると、その飽和蒸気はタービンへと送られる。主蒸気のエンタルピが飽和蒸気のエンタルピを超えると、原子炉は貫流直接サイクルの運転モードへと切り替えられ、主蒸気温度は500℃まで上げられる。その後、原子炉出力は徐々に定格の100%まで上げられ、炉心流量も出力に応じて燃料棒被覆管の温度が制限値を超えないように上昇するとしている。

変圧起動方式では、気水分離器、ドレンタンク、ドレン弁、バイパス弁から構成されるバイパス系統が必要となる。炉心圧力が8.3MPaに達すると気水分離器からの飽和蒸気によってタービンが起動される。炉心圧力は炉心出力が定格運転時の14%に達するまで8.3MPaで一定に保たれる。タービン起動後、原子炉は25MPaまで昇圧され、炉心出力は定格運転時の26%まで上げられる。圧力が25MPaに達すると、起動バイパスモードから貫流直接通常運転モードへと切り替えられ、出力と流量を上昇させて主蒸気温度は500℃まで上げられる。出力上昇時には炉心出力は炉心流量と共に、炉心出口温度が一定に保たれるように上昇する起動方法を提案している。

必要となる機器の総重量はバイパス系統に気水分離器を設置した変圧起動方式の方が定圧起動方式よりも小さいとしている。

第3章は安定性解析について述べている。熱水力安定性と核熱水力安定性を解析するために、周波数領域での線形安定性解析コードを作成している。

安定性の基準としてBWRと同一の減幅比の基準値を用いている。即ち通常運転状態では熱水力安定性の減幅比は0.5以下、核熱水力安定性の減幅比は0.25以下、全ての運転状態において減衰比は1.0以下としている。

まず、熱水力安定性の解析を行い小さな炉心流量と大きな冷却水密度変化にも関わらず、燃料集合体入口オリフィスによる圧力損失係数を適切に設計することにより定格及び部分負荷運転を安定に行えることが分かったとしている。

次に核熱水力安定性を行っている。ドップラ反応度フィードバックと密度反応度フィードバックが考慮されている。定格運転時における核熱水力安定性の減衰比は 0.185 であり、安定性の基準は満たされているとしている。起動時にも出力流量比を適切に選ぶことにより安定性の基準は定圧起動、変圧起動とも満たされるとしている。

第4章は結論であり、本研究のまとめが述べられている。

以上を要するに本論文は高温超臨界圧軽水炉の超動と安定性を研究し、起動方式とその安定性を明らかにしている。この成果はシステム量子工学の進歩に貢献することが少なくない。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。