
MHD Gesichtspunkte bei der Riga Tandem Pumpe für MEGAPIE

Zusammenfassung

Innerhalb des am PSI in der Schweiz durchzuführenden **MegaWatt Pilot Experiments** (MEGAPIE) wird die Machbarkeit eines flüssigmetallgekühlten Spallationstargets untersucht. Solche Targets werden beispielsweise bei beschleuniger getriebenen Anordnungen (ADS) zur Transmutation langlebiger nuklearer Spaltprodukte betrachtet oder finden bei der Neutronentomographie Verwendung. Ein wichtiges Element eines Targets ist die Pumpe, die zur Wärmeabfuhr des thermisch hoch belasteten Fensters sowie zum Transport des Fluids zum Wärmetauscher benötigt wird. Da diese Pumpen während des Betriebs auf Grund der Strahlenbelastung nicht gewartet werden können werden elektromagnetische Pumpen eingesetzt, die ohne rotierende Elemente auskommen.

In diesem Bericht werden die wesentlichen Eigenschaften der am Institut für Physik in Riga ausgelegten und für das MEGAPIE Target gebauten Tandempumpe nachgerechnet und die wesentlichen kritischen Betriebsparameter beleuchtet. Die Berechnungen basieren auf einem zwei-dimensionalen Ansatz und gelten mit wenigen Abstrichen für alle Arten zylindrischer Induktionspumpen. In einigen weiterführenden Abschnitten wird die Leistungsverteilung, das Geschwindigkeitsprofil am Austritt sowie das Operationsverhalten der Pumpe diskutiert.

Die wesentlichen Ergebnisse der für die MEGAPIE Tandempumpe durchgeführten Berechnungen sind:

- a.) Beide, sowohl Haupt- als auch Bypasspumpe werden den angestrebten Durchsatz und die notwendige Druckdifferenz erzeugen und um ca. 50% übertreffen. Sie sind in der Lage maximal folgende Werte zu erzielen: 1. Hauptpumpe $27.5\text{m}^3/\text{h}$ bei 0.3bars und 2. Bypasspumpe $2.2\text{m}^3/\text{h}$ bei 0.71bars
- b.) Der leistungslimitierende Parameter ist der zugeführte elektrische Strom, der 37 Amperes nicht übersteigen darf, da sonst die Temperatur in den Kupferwicklungen zu hoch wird.
- c.) Die Effektivität der Hauptpumpe beträgt 1.18% und die Bypasspumpe ist mit 0.249% noch schlechter, da in der geometrischen Auslegung von vorneherein ein zu hoher Schlupf gewählt wurde. Ein zweiter wesentlicher Grund ist das nicht angepasste Spulendesign in den Endregionen der Pumpe. Durch die Wahl gleicher Spulenabmessungen überall in der Pumpe wird dort lediglich elektrische Leistung in Wirbelströme und damit ohmsche Wärme umgesetzt. Dort kann die Effektivität um eine Größenordnung gesteigert werden.
- d.) Die gewählte große Spaltweite der Hauptpumpe führt zu einem radialen Druckgradienten, mit dem eine radiale Variation des Magnetfeldes einhergeht. Dies führt zu einer radialen Geschwindigkeitsverteilung am Pumpenaustritt, die für den nominalen Betriebspunkt berechnet wurde (Abbildung 7.1). Mit Hilfe eines Fluidodynamikrechencodes sollte überprüft werden ob mit diesem Geschwindigkeitsprofil die gewünschte Wärmeleistung aus dem der Pumpe nachgeschalteten Wärmetauscher abgeführt werden kann.
- e.) Die im Bericht von Platacis and Freibergs (2002) angegebenen Zeitskalen für das Aufheizen der Pumpen im ungefüllten Zustand berücksichtigen lediglich die Erwärmung durch die elektrischen Wandströme und nicht die permanent vorhandene Erwärmung durch den Stromfluß in der Wicklung und die Wirbelströme in den Eisenpaketen. Die berechneten Zeitskalen sind daher zu deutlich lang. Werden beide Pumpen bei Nominalbedingungen ca. 30min beheizt, führt dies mit Sicherheit zur deren Zerstörung. Sicherer bei der Aufheizung ist die Nutzung von lediglich 10% der Pumpleistung und längerer Zeitskalen, um lokalen Überhitzungen zu vermeiden. Zur Temperaturüberwachung während dieser für die Pumpe kritischen Phase wird pro Pumpe 7 Thermoelemente vorgeschlagen, deren Positionen der Abbildung 6.1 zu entnehmen sind.
- f.) Um Fehler bei der Temperaturmessung durch die vorhandenen Temperaturgradienten und das inhärent existente Magnetfeld zu vermeiden, sollten nicht-ferromagnetische Thermoelemente wie beispielsweise Kupfer-Konstantan Elemente eingesetzt werden.
- g.) Zur Vermeidung von Schwingungen insbesondere der Blechpakete sollten diese mechanisch miteinander verbunden werden. Alternativ können sie auch auf der dem Pumpenkanal abgewandten Seite verschweißt werden.
- h.) Zum Ausgleich der unterschiedlichen thermischen Ausdehnung der verschiedenen Materialien der Pumpe sollte in axialer Richtung ein Raum von 0.85mm und in radialer Richtung von 0.2mm vorgesehen werden. Dies gilt sowohl für den Induktor als auch für den Kern.
- i.) Die Ansprechzeit der Pumpe auf Leistungsänderungen beträgt ca. 4.89Sekunden .