

Peripherieauswahl für einen explosionsgeschützten elektrischen Drehstrommotor

Diese Arbeit untersucht die Auswahl geeigneter Peripheriegeräte, für einen explosionsgeschützten elektrischen Drehstrommotor. Die Durchführung erfolgt bei der VEM Sachsenwerk GmbH Dresden, einem traditionsreichen Hersteller, für elektrische Antriebsmaschinen oder Generatoren. Grundlage der Untersuchung ist ein Boostermotor, als Bestandteil einer Booster-Hyperkompressoranlage. Aufgrund der vorgesehenen Anwendung zur Verdichtung explosionsgefährdeter Gase, sowie des Aufstellungsort. Erfolgt die Auslegung unter Berücksichtigung des Explosionsschutzes. Ziel dieser Auslegung ist die Gewährleistung eines sicheren Anlagenbetriebs. Zusätzlich werden bei der Geräteauswahl die kundenspezifischen Projektanforderungen des Boostermotors berücksichtigt.

Ziel der Arbeit ist es, unter Berücksichtigung technischer, sicherheitsrelevanter sowie kundenspezifischer Anforderungen, eine fundierte Geräteauswahl zu treffen. Dabei steht der Fokus auf der Auswahl und Dimensionierung verschiedener Komponenten, darunter Temperaturfühler, Schutz- und Überwachungseinrichtungen sowie Sensorik.

Der zugrunde liegende Drehstromasynchronmotor (Boostermotor) des Vorstufenkompressors, ist in Bauform und Größe bereits festgelegt. Im Dauerbetrieb wird er mit einer Versorgungsspannung von 10 kV , bei einer Netzfrequenz von 50 Hz betrieben und erreicht eine Leistung von $4\,900\text{ kW}$ bei einer Drehzahl von 420 min^{-1} .

Aufgrund des festgelegten Einsatzes und der direkten Flanschkupplung mit dem Kompressor, wird auf der Antriebsseite, eine separate Lagerung der Welle verzichtet. Wodurch sich der Wartungsaufwand am Boostermotor reduziert. Zur Anpassung an die spezifische Anwendung, ist an der Nichtantriebsseite eine Durchdrehvorrichtung vorgesehen. Diese ermöglicht es, den Läufer des Boostermotors für Einstellarbeiten am Kompressor gezielt zu drehen und abzubremesen. Aufgrund der geforderten Explosionsschutzklasse des Boostermotors wird ein geschlossenes Kühlkonzept (IC 8 A1 W7) eingesetzt. Dabei wird die Luft innerhalb des Motors gezielt über den Wicklungskopf geführt. Ein auf der Läuferwelle montierter Lüfter, sorgt für die kontinuierliche Umwälzung und Kühlung der Luft. Die erwärmte Luft wird anschließend über einen Wärmetauscher geführt, wodurch eine effektive Wärmeabfuhr aus dem System gewährleistet wird.

Zu Beginn der Geräteauswahl wurde eine detaillierte Anforderungsliste erstellt, die alle technischen, sicherheitsrelevanten und kundenspezifischen Anforderungen an die Peripheriegeräte zusammenfasst. Diese Anforderungsliste bildet die Grundlage für die Auswahl und Dimensionierung der Geräte. Sie berücksichtigt neben den allgemeinen Betriebsanforderungen des

Boostermotors insbesondere den Explosionsschutz und Umgebungsbedingungen. Zudem wurden die Einzelanforderungen in Untergruppen unterteilt (z. B. Generelle Anforderungen, Hauptanschlusskasten, Temperaturerfassung, Durchdrehvorrichtung), sodass diese direkt zugeordnet werden können.

Anschließend wurde auf Basis dieser Anforderungen die Auswahl der einzelnen Geräte getroffen, dabei wurden ausschließlich bereits bewährte Hersteller berücksichtigt. Diese haben bereits ihre Funktionalität unter Beweis gestellt. So kommen im Hauptanschlussklemmenkasten Fädelstromwandler, Überspannungsableiter und Überspannungsschutzkondensatoren zum Einsatz. Der Wandler soll Fehlerströme erkennen, um Fehlfunktionen frühzeitig zu identifizieren. Der ausgewählte Überspannungsableiter und Überspannungskondensator werden die Wicklung vor stoßförmigen Spannungsschüben schützen, dafür wurden die technischen Leistungsdaten der beiden Bauteile untereinander abgestimmt. Und Mithilfe von Normen an die Wicklung des Boostermotor angepasst.

Um den Boostermotor während Wartungsarbeiten vor der Bildung von Kondensat im Inneren zu schützen, wurden Heizungen vorgesehen. Diese verhindern die Reduzierung der Isolationswerte, die durch Feuchtigkeit entstehen können. Die Heizungen werden fachgerecht und luftdicht montiert, wobei die Montage über einen Flansch erfolgt, der gleichzeitig die Bauform der Heizung bestimmt. Die erforderliche Heizleistung wird über eine interne Überschlagsformel in Abhängigkeit der Motorenoberfläche bestimmt. Daraus resultiert die Verwendung einer Widerstandsheizung des Herstellers ELMESS mit der Produktbezeichnung DHG11B03ST/M-1-T4, diese erreicht bei 380 V eine Heizleistung von 0,9 kW. Für den Einsatz als Motorheizung werden zwei von diesem Typ verbaut. Zusätzlich wurde die vom Lagerhersteller angebotene Lagerheizung mit der Anforderungsliste abgeglichen und auf Einsatztauglichkeit überprüft. Die Lagerheizung sorgt für eine Erwärmung des Öls, auf die geforderte Temperatur, um Schäden an den hydraulischen Bauteilen vorzubeugen.

Zur Bestimmung der Erwärmung des Boostermotors während des Betriebes, wird ein Messsystem, bestehend aus Temperaturmesswiderständen (Pt100 Sensoren), sowie einem Temperaturtransmitter vorgesehen. Die Temperaturmessung dient der Überwachung der Ständerwicklung des Lagers, sowie des Kühlsystems.

Für die Ständerwicklung werden Pt100 des Typs PR-SPA-EX-NWT des Herstellers EPHYMESS auf ihre Eignung für den Einsatz im Boostermotor überprüft. So wird sichergestellt, dass diese alle Anforderungen der Anforderungsliste erfüllen. Zusätzlich werden diese auf ihre Einbaufähigkeit in die Nuten des Ständers überprüft.

Am Gleitlager erfolgt die Temperaturmessung für zwei unterschiedliche Messaufgaben. Zur Überwachung der Gleitlagertemperatur werden an zweimal zwei unterschiedlichen Positionen Pt100 unterschiedlicher Längen eingesetzt. Ziel ist es, die Temperatur möglichst an der Lagerstelle zu erfassen, um eine hohe Messgenauigkeit zu gewährleisten. Hierfür werden Sensoren mit gefederten Messspitzen verwendet. Mit der Produktreihe PT-SPA-EX-LTH + LT-MA des Hersteller EPHY-MESS können diese Anforderungen erfüllt werden. Zusätzlich wird durch diese Ausführung die elektrische Isolation des Gleitlagers sichergestellt. Für die korrekte Umsetzung der Messaufgaben ist eine präzise Anpassung der Pt100 an die jeweiligen Einbaubedingungen erforderlich. Dabei werden insbesondere die Federwege in Bezug auf die Bohrungstiefe berücksichtigt. Hieraus ergeben sich Einbaulängen von $225\text{ mm} \leq l \leq 245\text{ mm}$ für Position I sowie $327\text{ mm} \leq l \leq 347\text{ mm}$ für Position II. Aufgrund der Einbausituation am Gleitlager ist es bei Position I zudem erforderlich, den Abstand zwischen Anschlusskopf und Lagergehäuse zu Vergrößern. Die mechanische Montage der Pt100 erfolgt über Anschlussgewinde, die durch das Gleitlagergehäuse entsprechen mit G 1/2 vorgegeben werden.

Zur Überprüfung der Funktion der Lagerheizung wird zusätzlich im Ölsumpf ein weiterer Pt100 installiert. Der Hersteller WIKA bietet mit der Kombination TR10-B in Verbindung mit dem Schutzrohr TW95 eine geeignete Lösung, die alle Anforderungen erfüllen. Diese Ausführung beinhaltet einen Doppel-Pt100. Für die Montage wird das Schutzrohr, welches in das Lagergehäuse eingeschraubt wird, auf 160 mm Länge ausgelegt. Dadurch wird sichergestellt, dass die Messspitze einen ausreichenden Abstand zur Heizung aufweist. Die Gesamtlänge des Pt100 wird auf 305 mm festgelegt, sodass ein ausreichender Abstand zwischen Lagergehäusefuß und dem Anschlusskopf gewährleistet ist. Die mechanische Verbindung an das Lagergehäuse erfolgt direkt über das Anschlussgewinde G1/2.

Bei der Überwachung des Kühlsystems werden am Kühler jeweils ein Doppel-Pt100 für die Messung der warmen und der kalten Luft installiert. Die beiden Messpunkte unterscheiden sich lediglich in ihrer Funktion. Auch für diese Messaufgabe werden Pt100 des Herstellers WIKA eingesetzt, welche die Anforderungen erfüllen. In der Typkombination TR10-B mit TW35-2 können diese mittels Schneidring luftdicht montiert werden. Für diese Anwendung werden standardisierten Längen der Messspitzen verwendet. Es kommt eine Gesamtlänge von 315 mm zum Einsatz, wodurch sichergestellt wird, dass sie Temperatur des Luftstroms erfasst wird und nicht durch Luftverwirbelungen am Kühlergehäuse beeinflusst wird.

Das Messsystem wird durch einen Temperaturtransmitter vervollständig, welcher den gemessenen Widerstand in ein analoges Ausgangssignal umwandelt. Der Transmitter TTR200.H1.H.BF-CS.EM.GHE-M5 des Herstellers ABB erfüllt die Anforderungen vollumfänglich. Für den Einsatz am Boostermotor ist es erforderlich, eine Ex-i-Analyse durchzuführen, welche den Nachweis erbringt das der ausgewählte Transmitter für den Einsatz am Boostermotor verwendet werden kann.

Mit einer Wellenschwingsüberwachung, soll die Position der Welle im Gleitlager permanent bestimmt werden, um Fehlausrichtungen oder Unwuchten zu erkennen. Für den Boostermotor wird hierfür ein System des Hersteller Bently Nevada eingesetzt, welches die Anforderungen erfüllt. Bei der Auslegung wird die Sondeneinföhrlänge (190 mm), durch das Gleitlager vorgegeben. Zusätzlich wird eine Adapterlänge von 80 mm vorgesehen, um einen ausreichenden Abstand zu den Anschlagpunkten zu gewährleisten. Die Armaturen und Montagegewinde werden an das Gleitlager angepasst. Der beschriebene Wellenschwingungssensor wird in der Produktkonfiguration 330881-CN-08-190-03-02 eingesetzt.

Zur Erkennung einer Undichtigkeit des Wärmetauschers, wird eine Leckageüberwachung vorgesehen, die durch einen Vibrationsgrenzschalter realisiert werden soll. Für diesen Zweck wird ein Vibrationsgrenzschalter aus dem ERP-System (SAP) ausgewählt. Der Grenzschalter des Herstellers Endress + Hauser mit der Produktbezeichnung FTL51B-NKA8AMBAA1AJI1W5J erfüllt die Anforderungen. Für die Montage ist jedoch eine Distanzhölse erforderlich, die als Adapter zwischen dem zu kleinem Anschlusspunkt am Wärmetauscher und den Grenzschalter dient.

Um die Kompressorkolben exakt ausrichten zu können, ist eine Durchdrehvorrichtung erforderlich. Hierfür wird der Läufer des Boostermotor über ein Turnrad, mithilfe eines externen Antriebs gedreht. Dieser Antrieb besteht aus einer Getriebebox, einer Bremse, einem Motor, sowie einer Endlagenerfassung. Die Getriebebox wird durch die Grundkonstruktion des Boostermotor vorgegeben. Für den Durchdrehmotor wird ein bereits bekannter Drehstrommotor verwendet. Zur Überprüfung wird eine werksinterne Berechnungsvorlage herangezogen, die auf Wirkungsgraden, Losbrechmoment, sowie der Drehzahl an der Läuferwelle basiert. Die Berechnung ergibt, dass der ausgewählte Motor des Herstellers ABB verwendet werden kann.

Für eine präzise Ausrichtung ist der Einbau einer Bremseinheit erforderlich, um den Motor innerhalb des geforderten Nachdrehwinkel zu stoppen. Zur Auslegung der Bremse wird eine weite Berechnungsvorlage verwendet. In die Berechnung fließen, das Trägheitsmoment der Welle, das Drehmoment des Durchdrehmotors, das Gesamtübersetzungsverhältnis, sowie der Nachdrehwinkel ein. Auf Grundlage der berechneten Bremsleistung (32,4 Nm) wird eine passende Bremse aus dem ERP-System ausgewählt (COEL MOTORI S.r.l 40 Nm \pm 10%).

Um sicherzustellen, dass der Boostermotor nur bei deaktivierter Durchdrehvorrichtung betrieben werden kann, welche die Endlagen des ein und ausgefahrenen Ritzels der Getriebebox überwachen. Hierfür werden induktive Näherungsschalter eingesetzt, die zuverlässig ausschließlich auf metallische Sensorscheiben reagieren. Für diese Anwendung werden Näherungsgrenzschafter des Typs NCN4-12GM-N0-V1 von PEPPERL+FUCHS verwendet. Die Einbaubedingungen am Boostermotor werden überprüft, um die Einhaltung der Anforderungen, sowie die korrekte Montage sicherzustellen.

Für die Versorgung des Gleitlagers mit Drucköl, kommt ein hydrostatisches System zum Einsatz. Bei der Auslegung wird auf eine bereits verwendete Hydrostatikeinheit zurückgegriffen. Hierbei werden die Anforderungen überprüft und eine Anpassung der lagerbedingten Versorgungsdaten an den Hersteller übermittelt.

Im Rahmen dieser Facharbeit wurde der Auswahlprozess von Peripheriegeräten für einen Boostermotor im explosionsgeschützten Bereich, systematisch untersucht und nachvollziehbar dargestellt. Grundlagen bildete eine aus Kundenanforderungen, sowie aus der Analyse eines vergleichbaren Systems abgeleitete Anforderungsliste. Anhand derer geeigneten Komponenten ausgewählt, dimensioniert und bewertet wurde. Dabei wurden insbesondere einschlägige Normen und sicherheitsrelevante Vorgaben berücksichtigt, um die unterschiedlichen technischen und sicherheitsrelevanten Anforderungen, innerhalb gleicher Gerätekategorien zu begründen. Die Ergebnisse zeigen, dass eine strukturierte Vorgehensweise unter Einbeziehung normativer Grundlagen, eine konsistente und praxisgerechte Auswahl ermöglicht.

Es konnte festgestellt werden, dass der Auswahlprozess maßgeblich durch die Anforderungen der Normenreihe DIN EN 60079 geprägt ist. Während der initiale Einstieg in die Thematik mit einem Aufwand verbunden ist, ermöglicht die klare Struktur der Normen in weiteren Verlauf, ein systematisches und zielgerichtetes Vorgehen. Die Grenze der Arbeit ergeben sich primäre aus dem hohen Detaillierungsgrad der zu berücksichtigenden Anforderungen, sowie aus der theoretischen Betrachtung, ohne praktische Umsetzung. Eine abschließende sicherheitstechnische Bewertung des Gesamtsystems kann erst nach vollständiger Montage und Prüfung erfolgen.

Für zukünftige Weiterentwicklungen bietet insbesondere die Auslegung der Sensorik Optimierungspotenzial. Darüber hinaus ist zu berücksichtigen, dass aufgrund der projektbezogenen Einzelfertigung eine Standardisierung nur eingeschränkt möglich ist. Die Auslegung stets an die jeweiligen Einsatzbedingungen angepasst werden muss. Aufbauend auf dem Ergebnis, dieser Arbeit kann in einem nächsten Schritt, die vollständige elektrische Gesamtplanung erfolgen. Einschließlich der Leitungsplanung, Integration der Komponenten, sowie abschließender Prüfung und Abnahme gemäß den geltenden Normen.