

Gefährdungsbetrachtung von PEM-Brennstoffzellen hinsichtlich des Einsatzes in explosionsgefährdeten Betriebsstätten

Thomas Horn

Tag der mündlichen Prüfung: 18.05.2010

1. Prüfer: Prof. Dr.-Ing. Michael Kurrat

2. Prüfer: Prof. Dr. Uwe Schröder

3. Prüfer: Dr.-Ing. Ulrich Johannsmeyer

Vorsitzender: Prof. Dr. Achim Enders

Ziel der vorliegenden Arbeit ist die Beurteilung von Zündgefahren, welche von einer Polymerelektrolytmembran-Brennstoffzelle vor dem Hintergrund des Einsatzes in explosionsgefährdeten Betriebsstätten ausgehen. Die Ergebnisse der Einschätzung des Gefährdungspotentials dienen als Grundlage zur Entwicklung eines möglichen Explosionsschutzkonzeptes.

Unter Würdigung der Methodik einer Risikobeurteilung wird zunächst eine geeignete Vorgehensweise für eine Zündgefahrenbeurteilung der innovativen Technologie entwickelt. Über eine analytische, rein theoretische Betrachtung erfolgt die Identifikation wirksamer Zündquellen und deren Ursachen. Dabei werden die zur Verfügung stehenden Informationen unter Berücksichtigung von möglichen Fehlerzuständen einbezogen. Die Darstellungsform der Ergebnisse der Gefahrenidentifikation hinsichtlich potentieller Zündquellen geschieht anhand eines Ereignisablaufdiagramms. Daraus sind die verschiedenen Kausalitätsketten ersichtlich, die zum Auftreten einer potentiellen Zündquelle für eine die Brennstoffzelle umgebende explosionsfähige Atmosphäre führen können.

Die Einbindung der Ergebnisse experimenteller Versuche an Brennstoffzellentestanordnungen ermöglicht eine qualitativ orientierte Einschätzung der Auftrittswahrscheinlichkeit wirksamer Zündquellen. Es werden verschiedene Fehlerszenarien des Ereignisablaufdiagramms nachgestellt, um deren Kritikalität festzustellen. Dabei werden die Auswirkungen einer explosionsartigen Verbrennungsreaktion innerhalb einer Brennstoffzellentestanordnung, die Entzündbarkeit von Wasserstoff/Luft-Gemischen während des Brennstoffzellenbetriebs, die Zündfähigkeit innerer Zündquellen und das Erwärmungsverhalten bei Brenngasübertritt, Kurzschluss und Eduktverarmung untersucht.

Auf Grundlage der Zündgefahrenbeurteilung erfolgt die Entwicklung eines Explosionsschutzkonzeptes, welches die Auftrittswahrscheinlichkeit wirksamer Zündquellen in ausreichendem Maße reduziert.

Risk assessment of PEM-Fuel Cells for the use in explosion hazardous areas

The aim of this study is to assess the potential ignition risks which arise from a polymer electrolyte fuel cell that is operated in explosion hazardous areas. The results of this risk

assessment are used as a basis for the development of a possible explosion protection concept.

Taking due account of the general method of a risk assessment, a suitable procedure is, first of all, developed for an assessment of the ignition risks of this innovative technology. Via an analytical, purely theoretical study, effective ignition sources and their possible causes are identified. For this, the available information will be used, whereby possible fault conditions will be taken into account. The results of the identification of potential ignition sources are shown in an event diagram. In this diagram, the different causation chains are to be seen which can lead to the occurrence of a potential ignition source for an explosive atmosphere surrounding a fuel cell.

By integrating also the results of experiments which have been carried out on fuel cell test objects, a qualitative estimation of the probability of effective ignition sources becomes possible. Different fault conditions of the event diagram are investigated in order to discover critical states. In this process, the effects of an explosive combustion reaction within the test cell, the flammability of hydrogen/air-mixtures during fuel cell operation, the ignitability of inner ignition sources and the incremental heating in the case of fuel crossover, short circuit and educt depletion are investigated.

On the basis of the ignition source assessment, an explosion protection concept is developed which reduces the probability of the occurrence of effective ignition sources to a sufficient degree.