Distributed-Brake-Systeme: Höhere Effizienz durch intelligente Redundanz

Echte By-Wire-Bremssysteme bieten gegenüber herkömmlichen Lösungen mit Vakuumverstärker oder eBooster Vorteile. Durch die Umwandlung der Bremsabsicht des Fahrers in elektrische Signale ermöglichen sie eine besonders schnelle und präzise Bremseinleitung und sehr kurze Bremswege. Da auch keine hydraulische Ausfallsicherung mehr erforderlich ist, ergibt sich eine größere Gestaltungsfreiheit für die Fahrzeugarchitektur. Allerdings müssen Bremsanlagen ohne hydraulische Ausfallsicherung besonders strenge Anforderungen hinsichtlich Redundanz und funktionaler Sicherheit erfüllen. Distributed-Brake-Systeme nutzen diese Herausforderung, um die nötige Redundanz in einen funktionalen Vorteil zu verwandeln.

AUMOVIO verfügt über 120 Jahre Erfahrung in der Fahrzeugsicherheit. Der letzte große Meilenstein waren die bewährten elektrohydraulischen Drucksteller in den One-Box-Bremssystemen der MK Cx-Serie, von denen seit der Markteinführung im Jahr 2016 über 15 Millionen Stück verkauft wurden. Dieses Know-how ist jetzt in das Konzept einer echten Brake-by-Wire-Anwendung eingeflossen, die die Stärken hydraulischer Bremsen mit einer elektromechanischen Bremsarchitektur kombiniert. Das Ergebnis ist eine optimale Verbindung beider Welten: hohe Leistung und effiziente Nutzung von Ressourcen wie Energie, Einbauraum und Kosten in Bezug auf Entwicklung und Fertigung sowie über die gesamte Lebensdauer.

Intelligente Redundanz: zwei Systeme, die als Einheit arbeiten

One-Box-HAD-Bremssysteme bestehen aus zwei Aktuatoren, die in unterschiedlichen Baueinheiten untergebracht sind. Im Normalbetrieb wird jedoch nur einer davon verwendet, während der andere als Rückfallebene dient. Distributed-Brake-Systeme sind diesbezüglich die nächste Stufe in der Brake-System-Roadmap von AUMOVIO: In ihrer Architektur sind zwei unabhängige Bremsaktuatoren permanent aktiv und erzeugen die Bremskraft zusammen. Beide Systeme – eines mit dem Vorteil eines schnellen Flüssigkeitsvolumenverbrauchs, das andere mit dem Vorteil einer hohen Druckerzeugung – sind funktional aufeinander abgestimmt und leisten im Normalbetrieb gleichzeitig ihren Beitrag.

Der Vorteil dieses Konzepts: Da keiner der Aktuatoren unter normalen Bedingungen die gesamte Bremskraft allein aufbringen muss, können sie kleiner, kompakter, leichter und energieeffizienter ausgelegt werden. Gleichzeitig bieten sie eine stärkere Bremsleistung als eine One-Box-Lösung und gewährleisten die volle Sicherheit.

Jedes der beiden Bremssysteme ist so ausgelegt, dass es im Rückfall unabhängig funktioniert. Der Rückfallmodus des echten Brake-by-Wire-Systems von AUMOVIO bietet auch bei einem elektrischen Ausfall eine hervorragende Bremsleistung und kurze Bremswege. Der Grund: Während die meisten anderen Bremssysteme im Rückfallmodus auf zwei oder drei Räder wirken, kann das verteilte Bremssystem weiterhin auf alle vier Räder zugreifen. Die Leistung übertrifft auch die Rückfallebene eines vollständig elektromechanischen Bremssystems.

Entscheidend für die Konstruktion eines Distributed-Brake-Systems ist die **E/E-Architektur** in modernen Fahrzeugen. Bei echten Brake-by-Wire-Systemen umfasst sie mehrere Stromversorgungspunkte und redundante elektrische Netzwerke. Damit erfüllt sie die Anforderungen an Systeme ohne hydraulische Rückfallebene, die mit einem redundanten System mit eigenem Stromkreis ausgestattet sein müssen. Da nicht nur Elektrofahrzeuge, sondern auch viele moderne Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor mit solchen redundanten E/E-Architekturen (Starterbatterien, Hochvoltbatterien, Gleichstromwandler und ggf. Stützkondensatoreinheit) ausgestattet sind, sind Distributed-Brake-Systems nicht nur auf E-Fahrzeuge beschränkt.

Das Ergebnis: Hervorragende Bremsleistung in jeder Situation, wodurch Distributed-Brake-Systeme besonders für hochautomatisierte Fahrfunktionen geeignet sind, sowie mehr Effizienz durch eine reduzierte Größe, ein geringeres Gewicht und niedrigere Produktkosten.

Echtes Brake-by-Wire: Flexibilität beim Fahrzeugdesign

Da die Bremsbefehle des Fahrers elektrisch übertragen werden und keine hydraulische Rückfallvorrichtung mit mechanischem Fahrerdurchgriff erforderlich ist, können fast alle Bremssystemkomponenten – mit Ausnahme des elektronischen Bremspedals – frei im vorderen Teil des Fahrzeugs positioniert werden. Diese Flexibilität ermöglicht neue Fahrzeugkonzepte und eine optimierte Nutzung des Einbauraums, beispielsweise durch den Einsatz größerer Batterien, die die Reichweite der Fahrzeuge erhöhen.

Eines für alle: Kostengünstiges E-Pedal-Konzept

Ohne mechanisch-hydraulische Kopplung zwischen Bremspedal und Bremssystem kann ein einziges E-Pedal-Bremssystem für eine Vielzahl von Fahrzeugarchitekturen verwendet werden. Anstelle von leicht unterschiedlichen Optionen, z. B. für Links- oder Rechtslenker, Verbrennungsmotor oder Elektrofahrzeug, können alle Fahrzeuge mit derselben E-Pedal-Bremslösung ausgestattet werden. Dies reduziert die Variantenvielfalt erheblich und trägt dazu bei, die Entwicklungs-, Fertigungs- und Logistikkosten sowohl für Zulieferer als auch für OEMs zu senken.

Effizienz im Alltag

Reichweite und Effizienz von Fahrzeugen gewinnen zunehmend an Bedeutung, insbesondere bei Elektrofahrzeugen. Jede Komponente muss durch optimale Konstruktion und Funktion dazu beitragen. Bei Distributed-Brake-Systemen spielt beispielsweise ein möglichst geringes Restreibungsmoment eine große Rolle. Es wird durch einen größeren Luftspalt zwischen Bremsscheibe und Bremssattel erreicht (Luftspiel). Im Vergleich zu hydraulischen Bremssystemen kann der Spalt vergrößert werden, da der Fahrer mechanisch vom Bremssystem entkoppelt ist. Die Pedalkraft wird in weniger als 150 Millisekunden in präzise Bremsdruckerzeugung umgewandelt – viel schneller als bei jedem herkömmlichen Hydrauliksystem und unabhängig von der körperlichen Kraft des Fahrers. Durch das vergrößerte Luftspiel wird die unerwünschte Reibung und der damit verbundene Energieverlust beim Fahren deutlich reduziert.

Ausblick: Systematische Weiterentwicklung des Brake-by-Wire-Konzepts

Gemeinsam reduzieren intelligente Redundanz und echte Brake-by-Wire-Prinzipien in Distributed-Brake-Systemen Gewicht und Komplexität bei gleichzeitig hervorragender Bremsleistung. Sie sind prädestiniert für zukünftige Fahrzeugarchitekturen, da sie der zunehmend geforderten Flexibilität bei der Anordnung von Fahrzeugfunktionen gerecht werden und sich positiv auf die Energieeffizienz auswirken. AUMOVIO greift bei diesem nächsten Schritt seiner Brake-System-Roadmap auf seine jahrzehntelange Erfahrung in der Entwicklung von Fahrsicherheitstechnologien zu.

Bilder und Bildunterschriften

|  |  |
| --- | --- |
| 01\_AUMOVIO\_BSR\_Distributed\_Products | Auf das Zusammenspiel kommt es an: Im Distributed Brake System arbeiten zwei verkleinerte Aktuatoren zusammen. Dadurch können die hohen Leistungs- und Sicherheitsstandards erfüllt werden, während Gewicht, Platzbedarf und Materialverbrauch reduziert werden. |
| 02\_AUMOVIO\_BSR\_Distributed\_Brake\_System\_Products | Nach One Box Bremssystemen sind Distributed-Brake-Systeme der nächste Schritt in der Brake-System-Roadmap von AUMOVIO, den das Unternehmen mit 120 Jahren Erfahrung in der Entwicklung von Fahrsicherheitstechnologien geht. |
| 03\_AUMOVIO\_BSR\_Distributed\_Highres\_DE | Intelligente Redundanz: Der Bremsbefehl vom E-Pedal wird elektronisch an beide Aktuatoren gesendet, die gemeinsam eine hohe Bremskraft für alle vier Räder erzeugen. |