



Intelligentes Haltesystem

Das elektronische Bremssystem von SKF für schwere Agrarmaschinen hält höchsten Anforderungen stand

Das elektronische Bremssystem von SKF ist eine komfortable Lösung für Feststell- und Notbremsen in Traktoren. Mit intelligenten Funktionen unterstützt es den Fahrer in allen Situationen und bei unterschiedlichsten Bodenbeschaffenheiten. Bei der Software-Entwicklung setzte SKF in den entscheidenden Phasen auf dSPACE Lösungen.

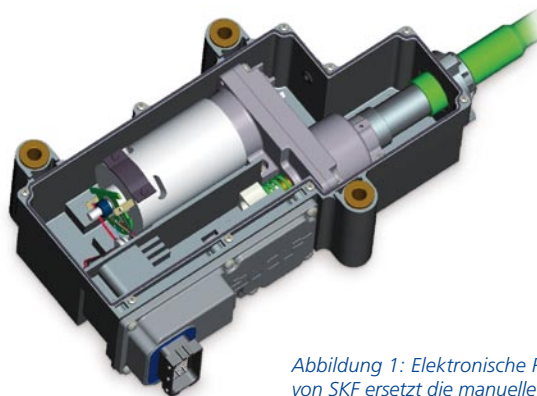


Abbildung 1: Elektronische Parkbremse von SKF ersetzt die manuelle Feststellbremse.

Elektronische Feststellbremse für Landmaschinen

Die Feststellbremse (Electronic Parking Brake, EPB) basiert auf einem elektrischen Getriebemotor in einem wasserdichten Gehäuse mit integrierter Steuereinheit. Dieser Aktuator zieht den an die Bremsanlage angeschlossenen Bowdenzug an und gibt ihn wieder frei. Die Bremse ist so ausgelegt, dass sie die bisherige manuelle Feststellbremse ersetzen kann (Abbildung 1).

Intelligente Funktionen für mehr Komfort

Die intelligenten Funktionen der EPB sorgen für größtmöglichen Fahrkomfort:

- Automatic Apply (Automatik) schaltet die Bremse ein, wenn der Fahrer den Schlüssel abzieht und aussteigt.
- Hill Holder (Anhalten am Berg) und Drive Away (Anfahren am Berg) verbessern den Komfort, in hügeligem Gelände.
- Die automatische Verschleißkompensation macht die sonst notwendige regelmäßige Kontrolle der Bremsen überflüssig.

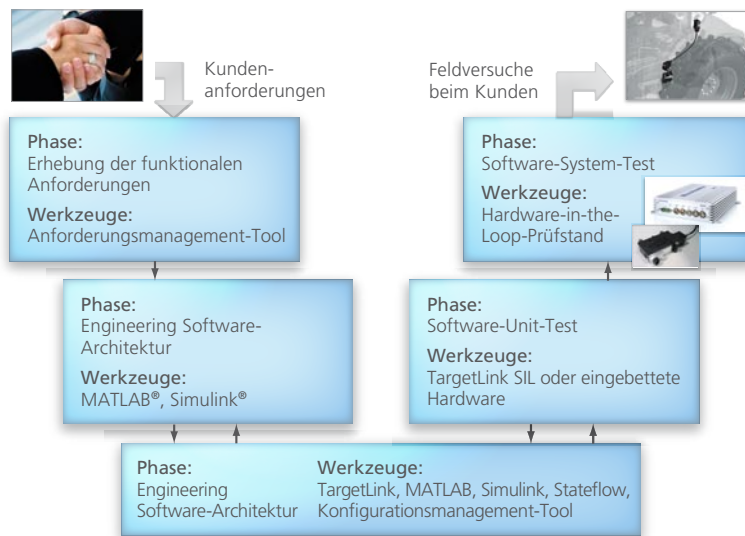
Die Technologie eignet sich für viele Fahrzeugplattformen mit intelligenten Getrieben (CVT/IVT, Full Powershift). Dank der anpassbaren Software lässt sich die Einheit in vielen Fahrzeugtypen und unter verschiedensten Betriebsbedingungen einsetzen. Der Einsatz von intelligenten Lösungen wirkt sich bei Nutzfahrzeugen, wie zum Beispiel bei Traktoren, direkt auf ihre Produktivität, Betriebskosten und Sicherheit aus.

Software-Entwicklung und Architektur

Die Entwicklung der Software entspricht den Phasen des V-Modells und wird durch dSPACE Lösungen für Software-Design und Software-Tests unterstützt (Abbildung 2). Die Software ist in drei Hauptabstraktionsebenen mit klaren Schnittstellen eingeteilt, um die Komplexität zu reduzieren und die Details der Implementierung auf jeder Ebene zu umgehen, die Robustheit der Daten und Funktionen gegen Software-Fehler zu erhöhen und den Aufwand für die Integration in verschiedene Fahrzeugarchitekturen zu verringern.

„Da wir die Entwicklung der elektronischen Feststellbremse mit den dSPACE Werkzeugen so erfolgreich umgesetzt haben, verfolgen wir diesen Lösungsweg jetzt in allen anderen Mechatronik-Entwicklungen auf die gleiche Weise.“

Fortunato Pepe, Manager Produktentwicklung bei SKF



Die erste dieser drei Abstraktionsebenen ist die Low-Level-Software. Sie übernimmt die Hardware-Funktionen der Bremse wie E-Motor-Steuerung, Low-Level-I/O und Low-Level-CAN-Bus-Management und ist unabhängig vom Fahrzeug, in dem die Feststellbremse integriert ist. Die zweite Abstraktionsebene ist die Fahrzeugschnittstellen-Software. Sie bekommt die Daten von der Low-Level-Software und stellt der Anwendungssoftware, in der

dritten Abstraktionsebene, die Eingangssignale mit der richtigen Skalierung und dem korrekten Format bereit. Sie ist stark von der Fahrzeugnetzwerkarchitektur abhängig. Die Anwendungssoftware beinhaltet Regelungen der Feststellbremse. Ihr entscheidender Vorteil ist die Anpassbarkeit, wodurch sich intelligente Funktionen gemäß den jeweiligen Kundenanforderungen implementieren lassen, z. B. Auto Apply verbunden beim Abziehen

Im Traktor installierte Feststellbremse mit angeschlossenem Bowdenzug.



Abbildung 2: Überblick über die entscheidenden Phasen der Software-Entwicklung und relevanten Tools.

des Zündschlüssels. Dies macht den Einsatz der Feststellbremse in verschiedenen Fahrzeugen möglich, ohne die Hardware (Mechanik und Elektronik) zu verändern.

Entwicklungsfortschritt durch TargetLink®

Während der Entwicklung der Anwendungsebene profitierte SKF von dSPACE TargetLink:

- TargetLink ermöglichte den modellbasierten Entwurf der Anwendungssoftware durch die Seriercode-Generierung aus Simulink®-Diagrammen und Stateflow®-Charts.
- SKF konnte klare Schnittstellen zwischen der modellbasierten Software und tieferen Software-Ebenen entwerfen; so wurde die durchgängige Integration der Anwendungssoftware in die Software-Architektur der Feststellbremse ermöglicht.
- Der Wiederverwendungsgrad von Software-Modulen war mit TargetLink sehr hoch.
- SKF nutzte variable Skalierungsoptionen, um die mit Festkomma-variablen höchstmögliche Auflösung für genauere Kontrolle und bessere Diagnosemöglichkeiten zu erreichen.
- TargetLink generierte automatisch die ASAP2-Datenbank, wodurch SKF die Mess- und Applikationsaufgaben direkt am Fahrzeug durchführen konnte.
- Der resultierende Datenfluss erleichterte die detaillierte Software-Analyse, darunter Software-Fehlerbaumanalyse.

Testansatz

Für die Testphase der Systemsoftware benötigte SKF einen programmierbaren Prüfstand mit reproduzierbaren Testsequenzen. Zu den Anforderungen gehörte außerdem eine Möglichkeit zum Aufzeichnen der Testresultate (Pass-/Fail-Ergebnisse, Eingänge, Ausgänge), die Messbarkeit von Reaktionszeiten des Systems und

die Ausführbarkeit von sehr langen Testsequenzen. SKF entwarf einen Hardware-in-the-Loop (HIL)-Prüfstand (Abbildung 3), in dem die Feststellbremse mit einer mechanischen Last verbunden ist. Diese Last besteht aus Federn, die die Eigenschaften des Fahrzeugbremsystems simulieren. Die Prüfstandhauptsteuerung wird von einer dSPACE MicroAutoBox übernommen. Diese simuliert alle festverdrahteten und CAN-basierten Schnittstellen des Fahrzeugs mit der Feststellbremse. Verbunden über eine Break-Out Box, ermöglicht der Controller Tests in Form von Fehlergenerierung. Die externen Sensoren können einzeln eingesetzt werden, um die von der Feststellbremse ausgelöste Kraft und Position zu messen. Nachdem sie eine Signalkonditionierungseinheit durchlaufen haben, gelangen die Signale zur Prüfstandhauptsteuerung für die Testreihen.

Modellbasiertes Testen

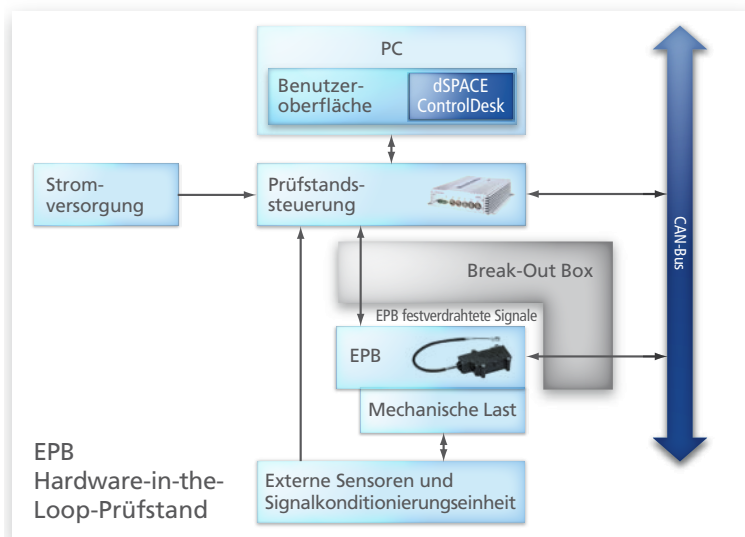
Um den HIL-Prüfstand flexibel und an Kundenanforderungen anpassbar zu gestalten, wurde eine modulare Testsoftware entworfen. Die Testreihen wurden modellbasiert mit Hilfe von Simulink und Stateflow,

Abbildung 3: Blockdiagramm des HIL-Prüfstands der Feststellbremse.

sowie der dSPACE RTI-Bibliotheken entwickelt. Der modellbasierte Entwurf erlaubt das Erstellen von komplexen und gründliche Testreihen. Darüber hinaus sind die Pass-/Fail-Kriterien in die Testreihen integriert; der Testingenieur startet die Testreihe über ControlDesk® und die Pass-/Fail-Ergebnisse werden auf der Software-

Oberfläche angezeigt, was die Produktivität während der Tests deutlich erhöht. Weil mit ControlDesk auch ein Speichern der Testreihen-Ergebnisse möglich ist, lassen sich Konfigurationen der Testdaten verwalten und die Testberichte leichter erstellen. ■

Giuseppe Nuzzo
Fortunato Pepe, SKF



Fortunato Pepe

Fortunato Pepe ist Leiter der Produktentwicklung bei SKF in Airasca, Italien.



Giuseppe Nuzzo

Giuseppe Nuzzo ist Projektleiter und Softwareingenieur bei SKF in Airasca, Italien.



Fazit

Die elektronische Parkbremse (EPB) unterstützt intelligente Features wie Auto Apply, Hill Holder und Drive Away für verschiedene Traktor-Typen. Sie ist einfach und flexibel zu installieren und erhöht die Sicherheit und den Komfort des Fahrers. Mit TargetLink, der MicroAutoBox und ControlDesk war bei SKF die Implementierung und Validierung der EPB unter höchsten Qualitätsstandards möglich.