

Mehr Anfahrkomfort durch Robotereinsatz

Die Anforderungen an den Antriebsstrang im Fahrzeug steigen kontinuierlich, insbesondere hinsichtlich des Anfahrkomforts bei manuell betätigten Kupplungen. Um die Kupplungscharakteristik (Einkuppel- und Anfahrverhalten) im Fahrzeug effizient und reproduzierbar analysieren zu können, hat Porsche Engineering in Zusammenarbeit mit der Fachhochschule Münster (Fachbereich Automatisierung und Robotik) einen einzigartigen Kupplungsroboter entwickelt.



Schon seit langem werden bei Fahrzeugtests zur Pedalbedienung Robotersysteme eingesetzt. Die existierenden Systeme weisen jedoch Probleme unterschiedlicher Art auf: So können sie aufgrund der externen Energieversorgung und

platzintensiver Rechenhardware in den meisten Fällen nur zum Nachfahren von Streckenprofilen auf einem Rollenprüfstand eingesetzt werden. Ein Einsatz der Systeme in frei fahrenden Fahrzeugen ist quasi unmöglich. Zudem lassen sich die

Systeme lediglich steuern, jedoch nicht regeln und die Pedale können nicht exakt und reproduzierbar positioniert werden. Diese Systeme sind somit für die Analyse der Einkuppelcharakteristik ungeeignet. Daher entwickelte Porsche Engineering

Optimale Analyse der Kupplungscharakteristik

Anforderungen

- Kompakter Aufbau von Hardware und Energieversorgung, damit auch ein Einsatz in Fahrzeugen mit beengten Platzverhältnissen möglich ist
- Einfache Montage des Systems ohne Umbauten am Sitz oder Fahrerfußraum in allen Fahrzeugklassen
- Erfassung der zu messenden Größen in Echtzeit
- Erfassung der Pedalposition unabhängig von der Dynamik des Fahrersitzes
- Bestimmung der Kraft auf das Pedal unabhängig von der Einbauposition des Roboters
- Bedienung aller drei Pedale durch den Roboter
- Reproduzierbare Durchführung hochdynamischer Vorgänge (Beispiel: Knall-/Rennstarts)

einen neuen Kupplungsroboter, der diesen Anforderungen Rechnung trägt (Übersicht über die Anforderungen siehe Informationsbox oben).

Hardware-Aufbau

Die Basiseinheit des Kupplungsroboters besteht aus Aluminiumplatten, die an die Form des Fahrersitzes und den Innenraum des Fahrzeugs angepasst werden können. Zur Bedienung der drei Pedale sind in der Basiseinheit drei voneinander unabhängige, regelbare Linearmotoren eingesetzt.

Über Adapterplatten und eine in der Länge variable Koppelstange werden die Motoren mit der Pedalerie verbunden und die Pedalkraft wird über eine in der Koppelstange integrierte Kraftmessdose erfasst. Die Pedalposition wird über Seilzugsensoren ermittelt, die ortsfest im Fußraum des Fahrersitzes befestigt sind und somit ohne Einfluss der Sitzdynamik für die Positionsregelung genutzt werden können.

Auf die Basiseinheit wird nach dem Einbau die Kopfeinheit aufgesetzt. Dabei werden die drei Motoren direkt über einen Dockingstecker mit der Kopfeinheit verbunden, so dass kein weiterer Verkabelungsaufwand bei der Montage im Fahrzeug entsteht. In der Kopfeinheit befinden sich sowohl die Controller für die Motoren als auch das Computersystem mit einem Real-Time-Betriebssystem (RTOS) und Sensorsignalaufbereitung. Die externen Sensoren wie beispielsweise die Seilzugsensoren oder der Fahrzeug-CAN-Bus können über genormte Stecker mit dem System verbunden werden.

Die Energieversorgung ist in einem separaten Block zusammengefasst und wird über ein Kabel mit der Kopfeinheit verbunden. Diese Bauweise ermöglicht es, die Energieversorgung an beliebiger Stelle im Fahrzeug unterzubringen. Durch die Aufteilung des Gesamtsystems in drei Komponenten (siehe Abbildung Seite 32) – Basiseinheit, Kopfeinheit und Energieversorgung – können ein einfacher Trans-

port und ein schneller Einbau des Systems in das Fahrzeug ermöglicht werden.

Der Kupplungsroboter ist über eine Ethernet-Schnittstelle mit dem Anwenderlaptop verbunden und wird über eine einfach verständliche Benutzeroberfläche bedient.

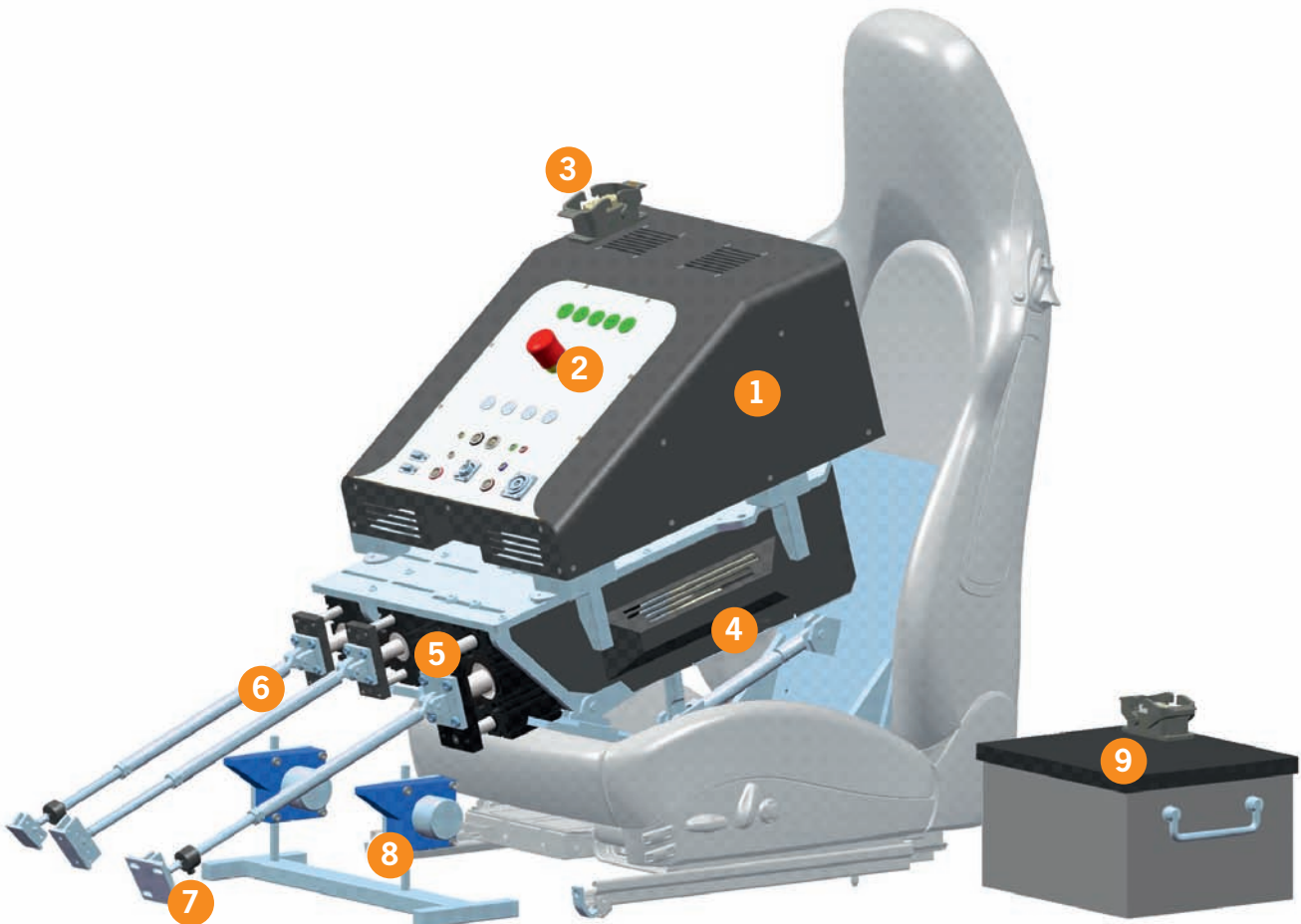
Positionsregelung

Erfasst wird die „Ist“-Position des Kupplungspedals über den Seilzugsensor. Anhand der aktuellen Position und der Sollposition berechnet der auf dem RTOS implementierte Regler die Stellgröße für den Linearmotor. Der implementierte Regler muss sowohl genau als auch stabil über den gesamten Anwendungsbereich sein. Insbesondere die unterschiedlichen Fahrersitze erschweren die Auslegung des Reglers hinsichtlich dieser Kriterien. Bei Sportwagen sind die Sitze meist sehr steif, in Kleinwagen hingegen fallen sie meist weicher aus. Zur Berücksichtigung der Dynamik des Fahrersitzes wurde ein PI-Regler um verschiedene Komponenten erweitert. Der Regler ist im gesamten Anwendungsbereich stabil und es ist keine zusätzliche Anpassung durch den Anwender erforderlich.

Anwendungsbereiche

Mit dem Kupplungsroboter können verschiedene Versuchsabläufe durchgeführt werden. Exemplarisch werden im Folgenden die drei wichtigsten vorgestellt:

- Pedalkraftmessung
- Anfahrversuch
- Abwürgerversuch



Schema des Kupplungsroboters:

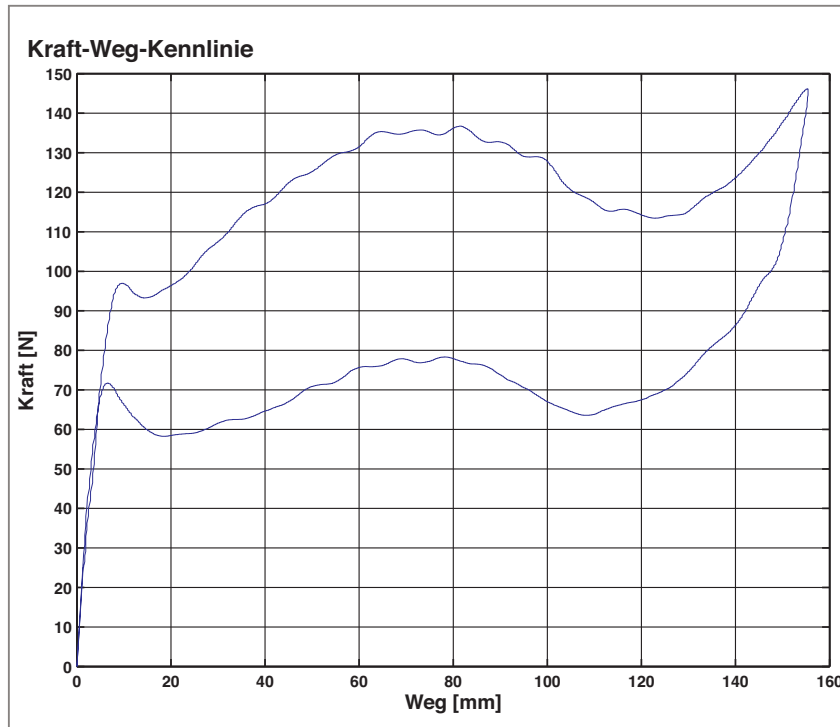
1. Kopfeinheit
2. Anschlusspanel
3. Anschluss für Energieversorgung
4. Basiseinheit
5. Linearmotoren
6. Koppelstangen
7. Kraftmessdose
8. Seilzugsensoren
9. Energieversorgung

Mit Hilfe der leistungsfähigen Auswertungssoftware kann der Anwender zu Beginn der Versuche auswählen, welche Messgrößen vom System mit bis zu 1 kHz in eine Messdatei gespeichert werden sollen. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, externe Temperatursensoren direkt am System anzuschließen. Zudem gibt es Schnittstellen zum Fahrzeug-CAN-Bus und/oder zu CAN-basierten Messsystemen. Die Datenerfassung erfolgt zentral über das Robotersystem, wobei die aufgezeichneten Daten nach der Versuchsdurchführung auf den Anwender-PC geladen werden können, um diese zu visualisieren und auszuwerten.

Eine Live-Anzeige des Versuchs ermöglicht dem Versuchsingenieur bereits eine erste Bewertung der Messergebnisse.

Pedalkraftmessung

Bei einer Pedalkraftmessung werden die Betätigungskraft des Kupplungspedals und der Kupplungsweg aufgenommen. Vor dem Versuch kann die Verbrennungsmotordrehzahl über den Kupplungsroboter auf den gewünschten Wert eingestellt werden. Anschließend wird das Kupplungs pedal voll durchgedrückt und zurückgeführt. Sowohl die Anzahl der Wiederholungen dieses Versuchs als auch die



Die Auswertungssoftware ermöglicht mittels Live-Anzeige Erkenntnisse im Rahmen der Pedalkraftmessung

Betätigungsgeschwindigkeit sind frei wählbar. Als Ergebnis erhält man Pedalkraftkurven in Abhängigkeit der Verbrennungsmotordrehzahl.

Anfahrversuch

Ziel des Anfahrversuches ist die Ermittlung der Grenzeinkuppelgeschwindigkeit. Darunter versteht man die maximale Betätigungsgeschwindigkeit des Kupplungspedals, unter der noch ein sicheres Anfahren möglich ist.

Vor dem Versuchsstart wird das Kupplungspedal durchgedrückt. Anschließend kann der Anwender die gewünschte Verbrennungsmotordrehzahl einstellen. Die Position des Gaspedals wird während des gesamten Versuches vom Kupp-

lungsroboter konstant gehalten. Die Einkuppelgeschwindigkeit bei den Anfahren wird dann variiert.

Auch das Bremspedal kann auf eine gewünschte Position verfahren werden, um Bewegungen des Fahrzeuges vor Versuchsbeginn zu verhindern oder um das Anfahren gegen Bremskräfte zu simulieren. Je nach Versuchseinstellung kann die Bremse automatisch gelöst werden, bevor das Kupplungspedal mit eingestellter, konstanter Geschwindigkeit einkuppelt. Nach Beendigung des Tests kuppelt der Roboter aus und das Fahrpedal fährt in die Ruhelage zurück. Durch die Reproduzierbarkeit der Versuche in verschiedenen Fahrzeugen können objektive Vergleichsuntersuchungen durchgeführt werden.

Abwürgeversuch

Der Abwürgeversuch ähnelt dem Anfahrversuch, wobei das Fahrzeug jedoch mit einer Zugstange fixiert wird. Ziel dieses Versuches ist es, die Antriebsdynamik und die Stabilität des Motorreglers in Verbindung mit dem Eingriffsverhalten der Kupplung zu ermitteln. Die Zugkraft wird vom Robotersystem aufgezeichnet. Mit variablen Einkuppelgeschwindigkeiten wird das Motorverhalten bis zum Stillstand aufgezeichnet.

Fazit

Die Ingenieurinnen und Ingenieure von Porsche Engineering haben mit dem neuen Kupplungsroboter ein System entwickelt, das einer Vielzahl aktueller Herausforderungen intelligent begegnet: Das System verfügt über eine eigene Energieversorgung, die aus dem Fahrzeugbordnetz gespeist werden kann oder sich unabhängig aus einem Batteriepack versorgt. Damit ist es möglich, Versuche auch in frei fahrenden Fahrzeugen durchzuführen. Die Messdatenerfassung erfolgt dabei durch den Roboter selbst. Der leichte Ein- und Ausbau erfordert keine Demontage von Fahrzeugteilen. Dies ermöglicht Benchmarkuntersuchungen in mehreren Fahrzeugen innerhalb eines sehr kurzen Zeitraumes. Zuletzt ist durch eigene Sensorik und Datenerfassung kein zusätzliches Messmittel erforderlich – der neue Kupplungsroboter vereinfacht die Funktionsuntersuchung von manuell betätigten Kupplungen im Fahrzeug in erheblichem Maße.

*Philipp Kamping, Johannes Aehling,
Dr. Jan-Peter Müller-Kose*