IRS SYSTEMENTWICKLUNG GMBH

Stromstoßanlagen bis 35kA

Die Prüfung von Sicherheitselementen unter Kurzschlussbedingungen ist ein wichtiger Sicherheitsaspekt bei der Entwicklung der neuen Elektrofahrzeuge.

Bild 1: IRS Systementwicklung und GvA Leistungselektronik entwickeln in enger Zusammenarbeit Pulsstromquellen für bis zu 35kA.

IRS Systementwicklung GmbH
Pfaffenthanner Weg 5 • 93179 Brennberg
www.irs.systems | info@irs.systems

Einführung

Die Spannungen von Traktionsbatterien in Elektrofahrzeugen liegen heute typischerweise im Bereich von 400 bis 800V und können in Zukunft Werte von 1500V anstreben, da mit höherer Spannung höhere Leistung bei geringeren Verlusten erreicht werden kann. Die Energien in diesen Speichern sind enorm und können im Fehlerfall erheblichen Schaden anrichten. Sicherheitseinrichtungen in Elektrofahrzeugen gewährleisten, dass die hohen Spannungen und Energien in den Hochvolt-Batterien keine Personen gefährden – weder Fahrer, Mitfahrer oder Ersthelfer im Falle der Rettung nach einem Unfall.

Selbst im Falle eines Crashs muss sichergestellt sein, dass keine gefährliche Spannung an die Karosserie des Fahrzeugs gelangt. Dafür werden Sicherungen eingesetzt, die den Energiespeicher sehr zuverlässig trennen, bevor sich stromführende Teile verbiegen und kontaktieren können. Angenommen, es tritt durch den Crash dennoch ein Kurzschluss im Fahrzeug auf, müssen Ströme von mehreren Kiloampere zuverlässig getrennt werden. Dies erfolgt z.B. mit Hilfe von sogenannten Pyrosicherungen, die die elektrische Verbindung durch eine kleine Sprengung aufheben, ähnlich den - im Automotive-Bereich üblichen - Zündpillen von Airbags. Pyrosicherungen sind ein sicherheitsrelevantes Bauteil und müssen deshalb intensiv geprüft werden.

Um das Auslöseverhalten einer solchen Komponente unter simulierten Kurschluss-Bedingungen nachzuweisen, ist eine Stromquelle nötig, die einerseits für einige Millisekunden mehrere Kiloampere an Strom liefern kann. Darüber hinaus muss sie eine realistische Batteriespannung von bis zu 1500V erzeugen, während die Sicherung auslöst.

IRS Systementwicklung und GvA Leistungselektronik entwickeln in enger Zusammenarbeit Pulsstromquellen für bis zu 35kA. Diese Kooperation vereinigt die jahrelange und solide Erfahrung von GvA für Leistungselektronik, Hochstromdesign und Anlagenfertigung und IRS für Software, Sicherheits- und Messtechnik.

Eigenschaften

- Spitzenströme bis zu 35kA
- Spannungsbereich bis 1500V
- Pulsdauer ca. 5ms @ 30kA
- Einzelschuß- oder optional Multischuß-Funktion mit IGBT Technologie

Anwendungsfälle

Mit den Stromstoßanlagen von GvA und IRS lassen sich verschiedene Schalteinrichtungen im Automotive-Bereich prüfen. Fokus liegt derzeit klar in der Trennung von Traktionsbatterien im Falle eines Crashs, aber auch Anwendungen im Energiesektor haben ähnliche Anforderungen.

Der Einsatz der Anlagen findet sich einerseits bei der Designvalidierung bei Herstellern und Prüfinstituten. Zudem stellen Stichprobentests in der Fertigung die Zuverlässigkeit der Produkte mit Stromstoßanlagen sicher.

IRS Systementwicklung GmbH
Pfaffenthanner Weg 5 • 93179 Brennberg
www.irs.systems | info@irs.systems

Technische Beschreibung

Ströme von 35kA bei Spannungen von 1500V bedeuten eine Spitzenleistung von mehr als 50 Megawatt für kurze Zeit. Diese Leistung kann nicht einfach aus dem Netz entnommen werden. Weder in einer leistungsfähigen Industrieanlage - ganz zu schweigen von Standardsteckdosen in einem Labor. Die Energie muss zwischengespeichert werden, um später blitzschnell und im Nu (verzögerungsfrei) zur Verfügung zu stehen.

Der dafür verwendete Energiespeicher ist ein Kondensator, der von Gleichspannungsnetzteilen auf eine vordefinierte Spannung geladen wird. Der Strompuls beginnt, wenn der Kondensator über den Prüfling und einen zusätzlichen einstellbaren Widerstand in Reihenschaltung entladen wird. Ein schneller Halbleiterschalter für hohe Ströme definiert den Zeitpunkt der Entladung, während mechanische Schalter eine sichere Trennung während Rüst- und Wartungsarbeiten gewährleisten. Der Widerstandswert und die Spannung legen den Prüfstrom fest.

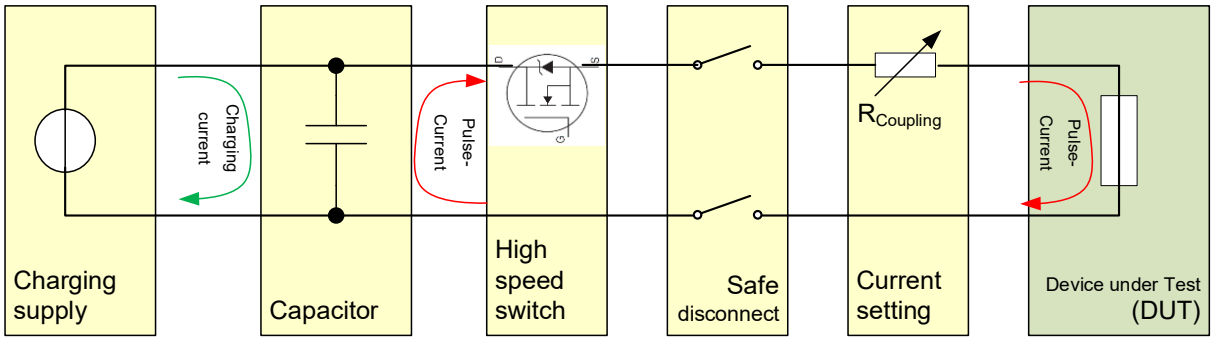


Bild 2: Vereinfachtes Blockdiagramm der Stromstoßanlage

Energiespeicher

Realistische Batteriespannungen liegen bereits heute im Bereich von 400…800V und werden 1500V in der Zukunft anstreben. Deshalb müssen Kondensatoren mit hoher Spannungsfestigkeit eingesetzt werden. Weiterhin benötigen die Kondensatoren hohe Kapazitäten von mehr als einem Farad, damit die Spannung in gewissen Grenzen bleibt, während der hohe Pulsstrom fließt. Solche spannungsfesten Kondensatoren mit hoher Kapazität benötigen sehr viel Platz – je nach Ausbaustufe zwischen 3 bis 8 Schaltschränken.

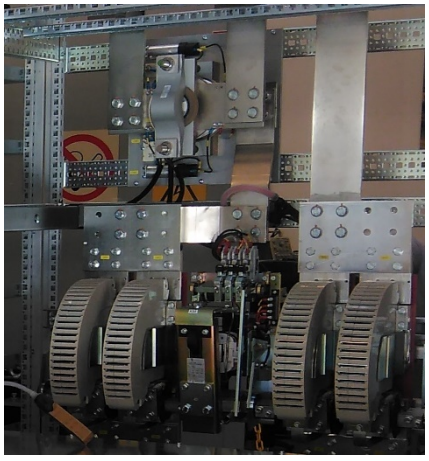
Bild 3: Gewaltige Kondensatorbänke von GvA puffern die nötige Energie

Um die Kondensatoren bis auf 1500V innerhalb weniger Minuten zu laden, werden Gleichspannungsnetzteile im Bereich 10…50kW eingesetzt – je nach geforderten Schuß-Intervall. Darüber hinaus müssen die Netzteile auch robust gegen eventuelle Überspannungen im Kilovoltbereich sein, die durch induktive Anteile entstehen können. Schließlich empfiehlt es sich Geräte mit Netzrückspeisung einzusetzen, um überschüssige Energie nach dem Test effizient in das Netz zurück zu speisen.

Pulseinheit

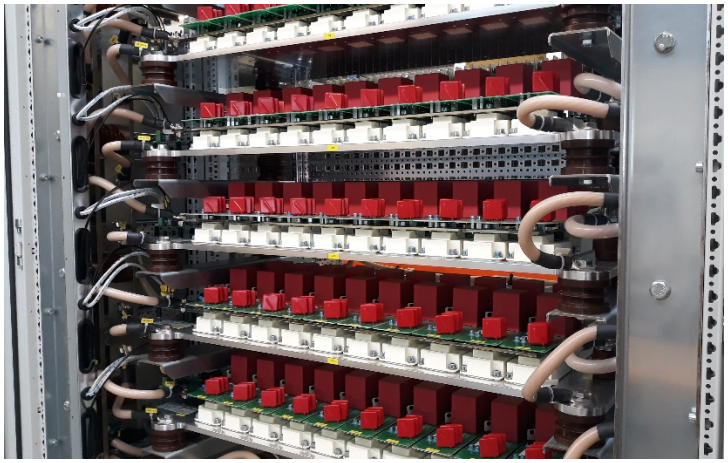
Ist der Kondensator geladen, wird über die Pulseinheit der Strom zeitlich definiert in den Prüfling eingespeist. Dies erfolgt zunächst über den schnellen Halbleiterschalter, der je nach Anforderung in zwei Versionen verfügbar ist:

Thyristor



- Einzelschuß
- Zuverlässiges Standardbauteil
- Kostengünstige Lösung

IGBT-Stack



- Multi-Schuß mit On-/Off-Funktion
- komplexes IGBT-Array
- für beliebiges Timing in µs-Auflösung

Bild 4: Halbleiterschalter von GvA im Vergleich: kostengünstig vs. komplexes Timing

Während Thyristorlösungen aufgrund ihres Aufbaus bei Gleichspannung einen einmaligen Strompuls zu einem präzisen Zeitpunkt auslösen können, ist der komplexe IGBT-Stack jederzeit ein- und wieder ausschaltbar. Dies erhöht die Flexibilität des Systems, um z.B. auch schließende Schaltelemente mit Pulsstrom zu prüfen.

Der Prüfstrom wird durch die angelegte Spannung am Kondensator und einen einstellbaren Widerstand bestimmt. Verschiedene Lösungen sind im Einsatz, bei denen konfigurierbare Widerstandsmatrizen und optional auch zusätzliche Induktivitäten den Innenwiderstand der Batterie nachbilden. Ist der Widerstand vom Benutzer einfach über Steckbrücken manuell wählbar, existiert die Möglichkeit diese Verbindung optisch zu überwachen, um Bedienerfehler auszuschließen.

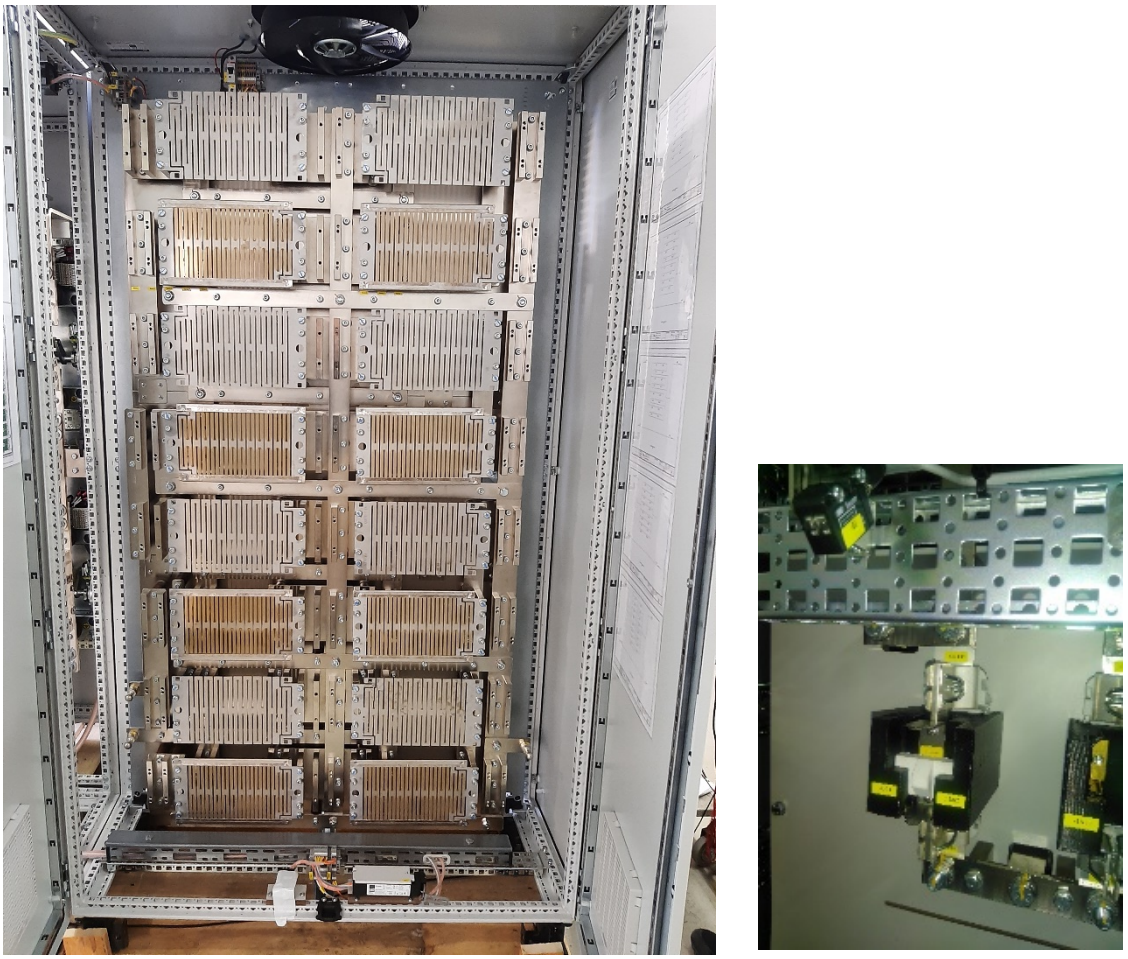


Bild 5: Stromeinstellung über Widerstandsmatrix und/oder überwachte Steckbrücke

Mess- und Steuereinheit

Der Leistungsteil der Stromstoßanlage muss sicher gesteuert und Messdaten müssen erfasst werden, um später eine Analyse und Bewertung zu durchlaufen. Zur präzisen zeitlichen Steuerung und Messung wird Compact-RIO von National Instruments in Kombination mit IRS-Modulen eingesetzt. Diese Plattform ermöglicht mit einer Kombination aus Prozessor mit Echtzeitbetriebssystem und FPGA einerseits leistungsfähige Mess- und Steuerungstechnik im µs-Bereich. Andererseits gibt es eine nahtlose Verbindung zu Windows-Systemen, um die Messdaten mit gewohnten Werkzeugen zu analysieren.

Bild 6: Zeitgenaue Steuerung über LWL und analoge Messung

Während Strom- und Spannungspulse mit hohen Abtastraten aufgezeichnet werden, müssen Störungen in dem rauen Umfeld hoher Magnetfelder unterdrückt werden. Hard- und Software von IRS stellen sicher, dass saubere Messergebnisse der Tests zur weiteren Verarbeitung zur Verfügung stehen.

Die Steuerung der Leistungselektronik (Thyristor oder IGBT) erfolgt galvanisch getrennt über IRS Compact-RIO optische Schnittstellen. Dies stellt sicher, dass das Messsystem sicher getrennt von der Leistungselektronik platziert werden kann und Störeinflüsse minimal bleiben. Das Mess-System ist auch gegenüber dem Bedienrechner über Lichtwellenleiter galvanisch getrennt ausgeführt. Damit werden die Messtechnik und die Steuerung im Bedienraum zusätzlich von gefährlichen Spannungen räumlich getrennt.

Bedienoberfläche

Die Steuerung der Anlage erfolgt über einen Industrie-PC mit einer Bedienoberfläche von IRS, die es dem Anlagenbetreuer leicht macht, Testkonfigurationen zu erstellen und auszuführen. Der Zustand der Anlage wird stets visualisiert und es besteht die Möglichkeit, die Messdaten und Kurvenformen zur weiteren Analyse weiter zu verarbeiten.

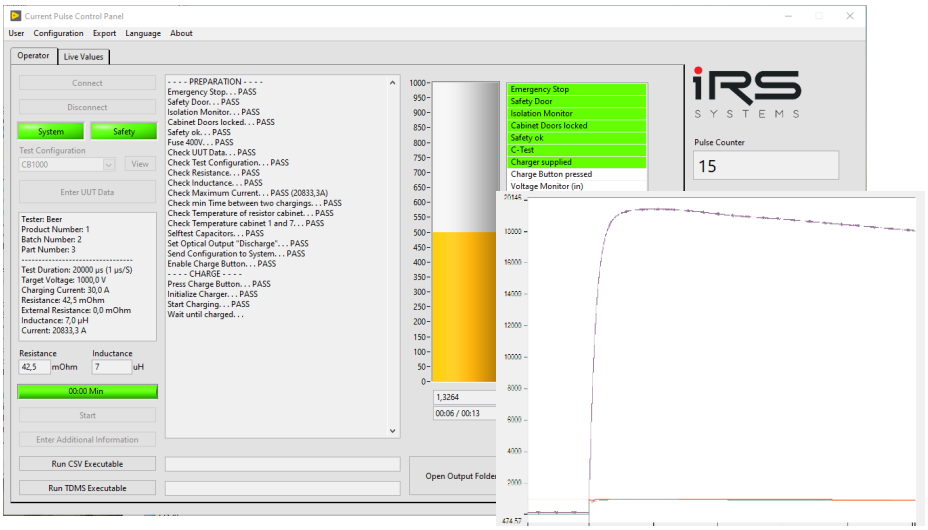


Bild 7: Bedienersoftware zur einfachen Konfiguration und Visualisierung

Sicherheitstechnik

Nicht zuletzt ist die Sicherheit ein kritisches Thema beim Betrieb von Pulsstromanlagen. Sicherheitssteuerungen überwachen den Zustand von Türkontakten und -verriegelungen, Isolations- und Spannungswächtern und steuern Türverriegelungen, Entladungsschütze, Last- und Erdungs-Schalter, um sicherzustellen, dass Personen zu keinem Zeitpunkt gefährdet werden. Schließlich ist die Berührung von Spannungen von bis zu 1500V lebensgefährlich. Es muss sichergestellt werden, dass die Anlage nur in Betrieb ist, wenn alle Sicherheitskreise fehlerfrei arbeiten, Türen geschlossen und alle Anlagenzustände plausibel sind. Erst wenn die Energie nahezu vollständig abgebaut wurde, werden alle zugänglichen Anschlüsse automatisch geerdet und der Zutritt zum Prüfraum gewährt. Dabei gewährleisten Netz-rückspeisende Stromversorgungen die effiziente Rückgewinnung überschüssiger gespeicherter Energie.

Bild 8: Sicherheitssteuerung zur Vermeidung von gefährlichen Situationen

Aber nicht nur elektrische Gefahren existieren, vor denen Mitarbeiter und Besucher geschützt werden müssen. Im Fehlerfall kann ein Prüfling bersten, wobei zu beachten ist, dass in der Anlage mehr als 2 Megajoule an Energie in einem vollgeladenen System gespeichert sind.

Würde nur 1% dieser Energie in die Bewegung einer mechanischen Komponente eines berstenden Prüflings umgewandelt, bekäme dieses Teil die Wucht eines 12mm-Projektils. Räumliche Abschottung des Prüflings und sichere Software ist beim Betrieb einer solchen Anlage deshalb unerlässlich.

Eine Sicherheitssteuerung überwacht stets sowohl den Zustand der Anlage als auch den des übergeordneten Prüffelds - unabhängig von der Software zur Bedienung der Anlage.

Technische Daten

Verschiedene Varianten der Stromstoßanlagen wurden entwickelt und gebaut – je nach Anforderungen der Kunden. Die folgenden Daten repräsentieren die Parameter einer voll ausgebauten Version nach aktuellem Stand. Kleinere oder größere Varianten lassen sich je nach Kundenwunsch individuell liefern.

	Min	Typ	Max	Einheit
Spannungsbereich	50		1500	V
Ausgangsstrom	0,1		35	kA
Ladeleistung	15		45	kW
Zeitauflösung (Steuerung und Messwerterfassung)		1		µs
Pulsdauer (@30kA) Abhängig von Kapazität und zulässigem Spannungsabfall		5		ms

IRS Systementwicklung GmbH
Pfaffenthanner Weg 5 • 93179 Brennberg
www.irs.systems | info@irs.systems