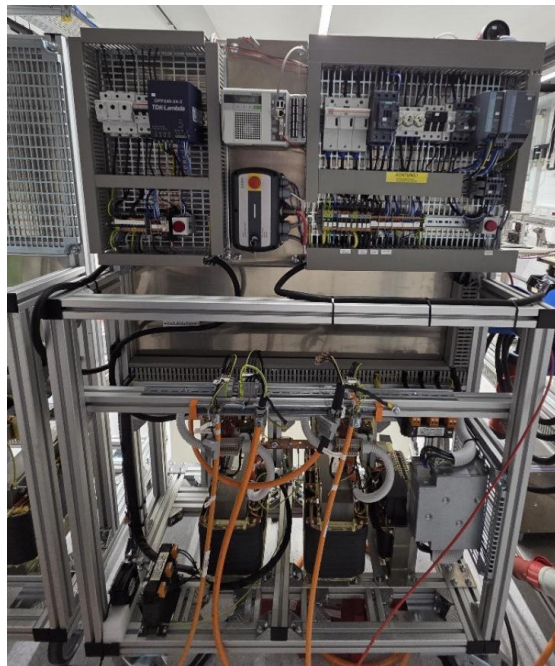


Vereinfachung der Bedienung eines HIL-Prüfstands mit Servoregler durch eine SPS und HMI der Firma KEBA



Fachschule	Gewerbliche Schulen Dillenburg
Fachrichtung	Elektrotechnik (Schwerpunkt Automatisierung)
Klasse	04TE22
Gruppenmitglieder	Woop Benjamin Almendinger Stefan Bergmann Martin
Beteiligte Firma	KEBA Industrial Automation Germany GmbH
Projektbetreuer der Firma	Konstantin Morar Martin Geppert
Projektbetreuer der Fachschule	Dennis Mühlich

KEBA[®]
Automation by innovation.



Inhalt

1. Einleitung	3
2. Technische Beschreibung der Anlage	3
3. Problemstellung	4
4. Lösung für die Problemstellung	4
5. Umsetzung	5
5.1 Projektmanagement	5
5.2 Schaltplan	5
5.3 Realisierung eines Testaufbaus	6
5.4 Programmierung der SPS	6
5.5 Design der HMI-Oberfläche	7
6. Projektabschluss	7
7. Fazit	7

1. Einleitung

Die Firma KEBA Industrial Automation Germany GmbH in Waldgirmes bei Lahnau (Hessen) ist spezialisiert auf Antriebs- und Automatisierungstechnik. Dies umfasst die Entwicklung, Produktion und den Vertrieb von Antriebsreglern bzw. Frequenzumrichtern für die verschiedensten Anwendungen.

Werden neue Umrichter für Servomotoren (Servoregler) entwickelt, sind auch Tests in Form von dauerhafter und zyklischer Belastung des Motorausgangs vom Regler notwendig.

Bei klassischen Prüfständen für Belastungstests von Antriebsreglern wird am Ausgang des Prüflings ein Motor betrieben. Ein zweiter Antriebsregler betreibt einen weiteren Motor, der den Motor des Prüflings abbremst und damit verschiedene Lastszenarien erzeugen kann.

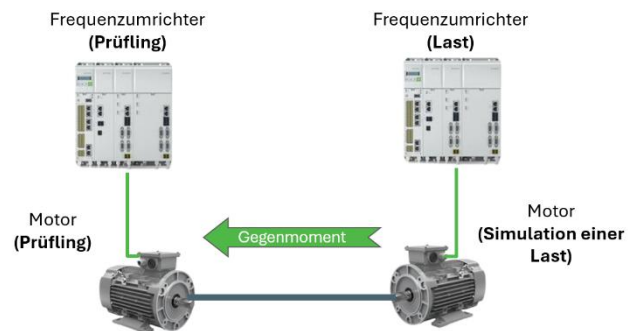


Abbildung 1: Prüfstand für Antriebsregler mit Motor als Last

Solche Prüfstände sind durch die Motoren jedoch platzintensiv, mechanisch aufwendig (Motoren erfordern ein Konzept für die sichere Befestigung und Kopplung des Drehmoments) und dadurch schwer auf weitere Prüflinge skalierbar.

Eine Alternative sind Prüfstände, bei denen der Prüfling mit einem elektrischen Lastemulator statt einem Motor belastet wird. Ein solches System wurde von KEBA zum Test von Servoumrichtern der D3-Generation entwickelt und diente als Grundlage für unser Projekt.

2. Technische Beschreibung der Anlage

Die Leistungsausgänge des Prüflings (DUT, device under test) und Lastemulators (ELE, electronic load emulator) sind über einen Trenntransformator (1:1) galvanisch voneinander getrennt, siehe Abbildung 3.

Im Betrieb legt der DUT eine Spannung an die Primärseite des Transformators an, die mit gleichem Verhältnis auf die Sekundärseite übertragen wird. Der ELE synchronisiert sich auf die Frequenz und Höhe dieser Spannung.

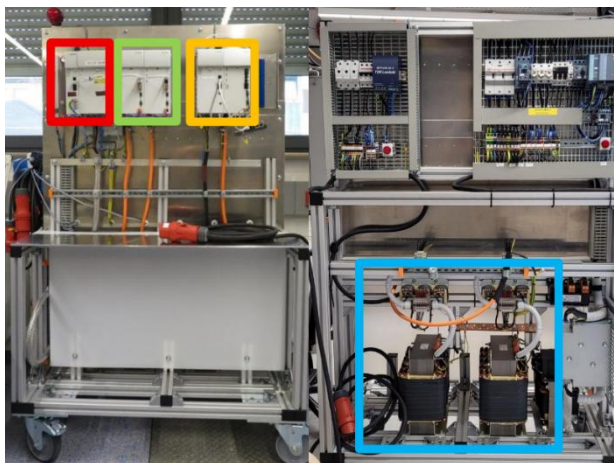


Abbildung 2: Prüfstand D3 HIL (Front und Rückseite)

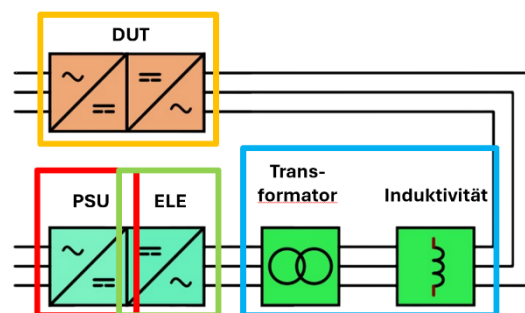


Abbildung 3: Blockschaftbild des D3 HIL

Über den ELE ist es nun möglich, einen einstellbaren Strom vorzugeben, der über die induzierte Spannung auf der Primärseite einen Stromfluss mit gleicher Amplitude am Ausgang des DUT bewirkt. Ist die Stromvorgabe im ELE negativ, wird der DUT ähnlich einem motorischen Betrieb belastet. Bei einer positiven Stromvorgabe im ELE wird hingegen ein generatorischer Betrieb am DUT hergestellt.

Der 565 V_{DC} - Zwischenkreis von DUT und ELE wird über ein Schienensystem an die PSU (*power supply unit*) angeschlossen, die aus einer sog. *aktiven Versorgungseinheit* und einem *Lademodul* (zum Vorladen des Zwischenkreis beim Einschalten der Anlage) besteht. So ist der einfache Anschluss mehrerer Servoregler möglich.

Das HIL-System hat gegenüber klassischen Prüfständen einen weiteren großen Vorteil: durch die fehlenden Motoren muss aus dem Versorgungsnetz keine elektrische Leistung für das Aufbringen der Drehmomente und weiterer Verluste im Motor aufgenommen werden. Zwischen DUT und ELE wandeln lediglich die ohmschen Widerstände der Induktivitäten Leistung in Wärmeverluste um. Zusammen mit der aktiven Versorgungseinheit, welche in das Netz zurückspeisen kann, fließt die Energie im Kreis und es ist ein effizienter Betrieb möglich.

3. Problemstellung

Der Nachteil der Anlage bestand in der ausschließlich manuellen Parametrierung und Ansteuerung des DUT und des ELE über einen angeschlossenen PC bzw. Notebook und der firmeneigenen Software *Drive Manager*. Der Laststrom des DUTs wurde auf demselben Weg eingestellt.

Dadurch fehlte die Möglichkeit, sichere und reproduzierbare Prüfläufe durchzuführen. Zyklusabläufe und Lastschaltungen wurden durch den Bediener manuell ausgelöst. Fehlerhafte Parametrierungen oder falsche Schaltreihenfolgen konnten zu unerwünschtem Verhalten führen. Besonders bei wechselnden Prüflingskonfigurationen bestand ein erhöhtes Risiko von Bedien- oder Parametrierfehlern.

4. Lösung für die Problemstellung

Als Lösung für die vergleichsweise komplizierte Bedienung der Anlage wurde von KEBA die Anbindung einer SPS und eines HMI gewünscht und für die Projektarbeit vorgegeben, dafür die zu dem Zeitpunkt leistungsstärksten, firmeneigenen Modelle zu benutzen.

Die SPS (*KeControl CP530/C*) hat dabei folgende Aufgaben:

- Kommunikation mit DUT und ELE
- Vorgabe des Laststromes für den DUT
- verschiedene Lastprofile für den DUT einstellen (v. a. Dauer- und Zyklusbetrieb)
- Gerätestatus auslesen



Abbildung 4: SPS

Über das HMI (*KeTop T155*) werden u. a.

- Parameter für die Lastprofile eingestellt und
- Messwerte und Fehlermeldungen angezeigt und ggf. quittiert.

Mit der Teilautomatisierung soll es außerdem möglich sein, mehrere DUTs zu testen und über das HMI zu parametrieren.



Abbildung 5: HMI und Anschlussbox

Die Kommunikation der SPS mit DUTs und ELEs erfolgt über EtherCAT, das HMI ist über eine Anschlussbox (*KeTop CB 310*) und Ethernet an die SPS angebunden.

5. Umsetzung

5.1 Projektmanagement

Die gesamte Projektplanung erfolgte anhand des Lastenheftes in einem Gantt-Diagramm, in welchem die Aufteilung der Zuständigkeiten für die Aufgabenblöcke definiert wurden.

Um die zeitlichen Fristen der Projektfertigstellungen zu kontrollieren, wurden die Aufgabengruppen und deren untergeordnete Tätigkeiten vordefinierten Meilensteinen zugeordnet, deren Zustände zu jedem Projektabschnitt und durch ergänzende Einträge der Tätigkeitsnachweise aktualisiert und ermittelt werden konnten.

5.2 Schaltplan

Eine der ersten Aufgaben war es, von der bestehenden Anlage der Entwicklungsabteilung einen Schaltplan zu erstellen. Dieser konnte dann als Grundlage für die Erweiterung mit SPS und HMI dienen.

Darauf basierend können im Projektbetrieb später weitere Prüfanlagen gebaut werden.

Der Schaltplan wurde mit der Software *EPLAN 2025* erstellt.

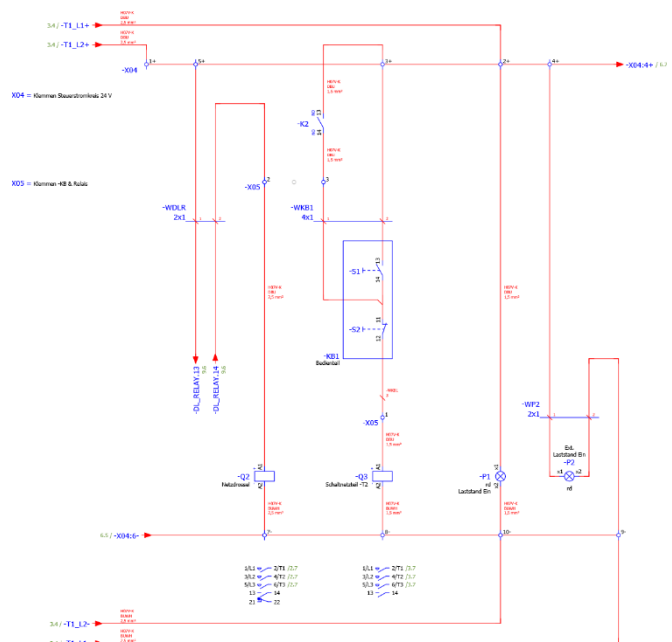


Abbildung 6: Auszug aus Schaltplan des Steuerstromkreises

5.3 Realisierung eines Testaufbaus

Nach Anlieferung der zuvor bestellten Komponenten wurde ein Testaufbau errichtet, da während der Projektarbeit die D3 HIL-Anlage durch die Entwicklungsabteilung für verschiedene Arbeiten belegt war.

Alle D3-Komponenten, auch der Prüfling, bestanden aus schon verkäuflichen Achsreglern und einer Versorgungseinheit. Der Zwischenkreis für den Prüfling und die Lastemulatoren wurden wie die SPS und das HMI für erste Versuche an ein 24 V_{DC}-Netzteil angeschlossen, um sich in die Parametrierung und Programmierung einzuarbeiten. Im weiteren Verlauf wurde die Anlage für den Betrieb an 400 V_{AC} umgebaut, um unter gleichen Bedingungen wie am D3 HIL der Entwicklungs-abteilung zu arbeiten.

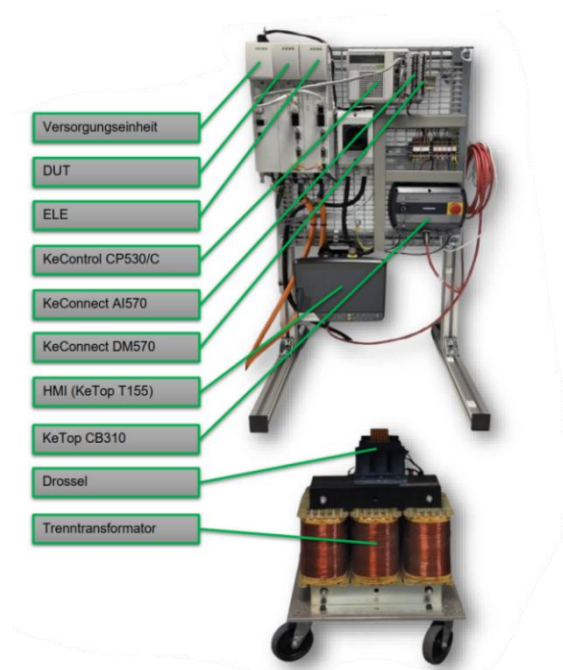


Abbildung 7: Testaufbau

5.4 Programmierung der SPS

Die Programmierung der SPS erfolgte in der Software *KeStudio FlexCore*, einer auf CODESYS basierenden Programmierumgebung. Für alle Programmbausteine wurde die Sprache *ST* („strukturierter Text“) verwendet. Der Hauptablauf des Programmes ist ähnlich einer Schrittkette als Zustandsautomat („state machine“) aufgebaut. Über eine *CASE*-Anweisung wird die Variable *iState* zyklisch abgefragt. Jeder Zustand (bzw. Schritt) des Programms bedeutet einen anderen Wert für die Variable *iState*. Ein Zustand kann sich ändern, sobald *iState* von außen (z. B. einer Ausschaltbedingung) oder dem aktuellen Zustand geändert wird.

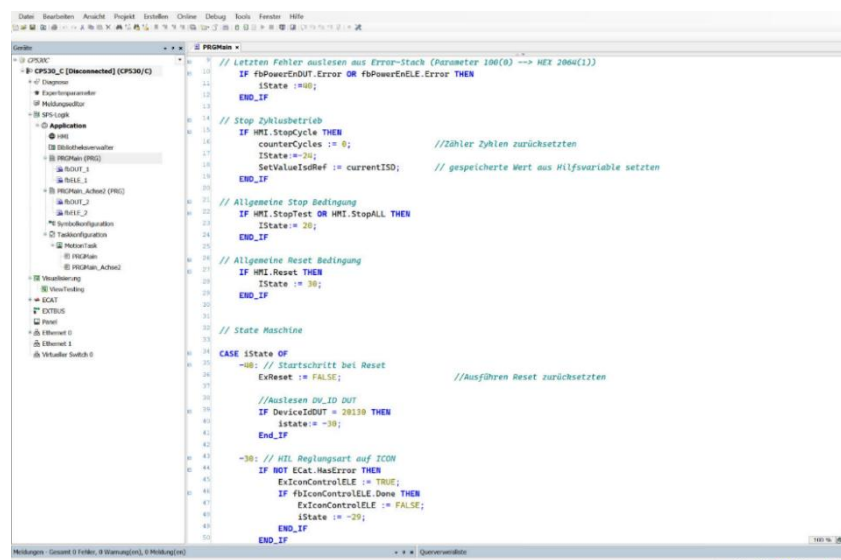


Abbildung 8: Programmierumgebung *KeStudio FlexCore* für die SPS mit Ausschnitt aus dem Hauptprogramm mit State Machine

5.5 Design der HMI-Oberfläche

Die Bedienoberfläche für das HMI wurde in der Software *KeStudio KeView* erstellt.

Über die Startseite kann zwischen Dauer- oder Zyklusbetrieb ausgewählt werden. Für den DUT können neben dem erwarteten Motorstrom (I_{SD_REF}) weitere Vorgabewerte wie z. B. Umdrehungen pro Minute und Beschleunigung vorgegeben werden. Messwerte des DUTs wie der tatsächliche Motorstrom und die Spannung am Ausgang werden angezeigt.

Die Visualisierung wurde bereits für einen zweiten DUT vorbereitet.



Abbildung 9: HMI-Visualisierung mit Startseite und den beiden Seiten für Dauer- und Zyklusbetrieb

6. Projektabschluss

Den erfolgreichen Abschluss des Projektes bildeten das Abschlussgespräch mit den Projektbetreuern der Firma und die formelle Übergabe des Systems an die Entwicklungsabteilung. Zusätzlich zum Schaltplan der Anlage wurde eine Bedienungsanleitung erstellt, um das zukünftige Einweisen der zuständigen Entwickler zu erleichtern, sowie weitere Modifikationen umzusetzen. Die programmierten und geprüften Komponenten werden später durch die Entwicklungsabteilung an den D3 HIL angebracht.

7. Fazit

Die Projektziele konnten erfolgreich in vollem Umfang erreicht werden.

Die Integration von SPS und HMI stellt eine deutliche Verbesserung des Prüfstands dar. Die Bedienung des Prüfstandes wurde stark vereinfacht und das Risiko möglicher Bedienfehler reduziert. Durch weiteren Feinschliff an der SPS-Software und Erweiterung der Hardware seitens der Projektfirma besteht in Zukunft die Möglichkeit, verschiedene neu entwickelte Servoregler an der Anlage in Betrieb zu nehmen und zu prüfen.



Abbildung 10: Stand bei der Projektmesse der Techniker-Abschlussklassen

Für unser Projektteam war es ein lehrreiches und interessantes Projekt, dass wir durch gute Zusammenarbeit untereinander und mit der Projektfirma in guter Erinnerung behalten werden.