

Technology Arts Sciences TH Köln

Inbetriebnahme einer Synchroneinheit Siprotec 7VE61

Autor: Raimund Richerzhagen
Matrikelnummer: 11099528
Prüfer: Prof. Dr. Eberhard Waffenschmidt
Datum: 10.10.2018

Praxisprojekt

Titel: Inbetriebnahme einer Synchroneinheit Siprotec 7VE61

Gutachter:

- Prof. Dr. Eberhard Waffenschmidt (Technische Hochschule Köln)

Zusammenfassung: Dieses Praxisprojekt beschäftigt sich mit der Inbetriebnahme einer Synchroneinheit Siprotec 7VE61 der Firma Siemens. Für diese Inbetriebnahme, wird ein passendes Gehäuse entworfen in dem die externe Hardware, sowie die Siprotec 7VE61, verbaut werden können. Nach Erstellung des Gehäuses sowie Bestellungen der passenden Hardware werden diese Bauteile miteinander verschaltet. Anschließend folgt die Programmierung über die Software Digsig V 4.92, welche auf einem Computer installiert ist. Dieser Computer ist über eine serielle Schnittstelle RS 232 mit der Siprotec 7VE61 verbunden. Am Ende des Projektes wird ein Praxisversuch durchgeführt, der erfolgreich zwei verschiedenen 400 V Niederspannungsnetze 3-phasig mit einander verbindet.

Stichwörter: Netzsynchronisation, Siprotec 7VE61, Digsig V4.92

Datum: 10. Oktober 2018

Practical project

Title: Commissioning of a synchronous unit Siprotec 7VE61

Reviewers:

- Prof. Dr. Eberhard Waffenschmidt (Technische Hochschule Köln)

Abstract: This practical project is about the commissioning of a synchronous unit Siprotec 7VE61 from Siemens. For this commissioning, a suitable enclosure is designed in which all external hardware as well as the Siprotec 7VE61 can be installed. Once the enclosure has been created and the appropriate hardware has been ordered, these components are interconnected. This is followed by programming, using the Digsig V 4.92 software, which runs on a computer connected to the Siprotec 7VE61 via a serial interface RS 232. At the end of the project, a practical test is carried out which successfully connects two different 400 V, 3-phase low-voltage grids with each other.

Keywords: Grid synchronization, Siprotec 7VE61, Digsig V4.92

Date: 10. October 2018

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	1
2.	Hintergrund	2
2.1	Synchronisation	2
3	Hardware	3
3.1	Aufbau	3
3.1.1	Bilder zum Praxisprojekt Aufbau	3
3.1.3	Erklärung des Gesamtschaltbildes	4
3.2	Spannungsteiler	6
3.2.1	Schaltplan zum Spannungsteiler	6
3.2.2	Erklärung des verwendeten Spannungsteilers	7
3.3	Auswahl des Schützes	8
3.4	Gehäuseaufbau	9
3.3.1	Frontplatte des Gehäuses	10
3.3.2	Gehäusewand auf der linken Seite	11
3.3.3	Hintere Gehäusewand	12
3.3.4	Obere und untere Gehäusewand	13
3.3.5	Gehäusewand auf der rechten Seite	14
3.3.6	Innenleben im fertigen Gehäuse	15
4	Siprotec 7VE61	18
4.1	Funktionsweise der Siprotec 7VE61	18
4.1.1	Allgemein	18
4.1.2	Messverfahren	18
4.1.3	Drehfeldkontrolle	18
4.2	Erklärung der Siprotec Oberfläche	18
4.2.1	Beschreibung der Display-Anzeige	18
4.2.2	Beschreibung der LEDs und Auswahltasten	19
4.2.3	Beschreibung der untere Hälfte der Siprotec 7VE61	20

5	Programm Digsig V 4.92	21
5.1	Allgemeine Erklärung und Digsig Manager	21
5.2	Einstellen des Funktionsumfangs	24
5.3	Einstellen der Funktionsgruppen	25
5.3.2	Allgemeine Einstellungen	25
5.3.3	Einstellungen der Anlagendaten	26
5.3.4	Synchrocheck Einstellungen	27
5.4	Einstellen der Rangierung	27
5.5	Betriebsstörmeldungen	29
5.5.1	Generalabfrage	29
5.5.2	Betriebsmeldungen	30
5.5.3	Störfallmeldungen	30
5.6	Messwerte	31
5.6.1	Synchronisierungsmesswerte Primär-Seite	31
5.6.2	Betriebsmesswerte Sekundär-Seite	32
5.6.3	Synchronisierungsmesswerte Sekundär-Seite	33
5.6.4	Minimal- und Maximalwerte bei der Synchronisation	34
5.7	Störschreibung im Programm Digsig und Zeichenprogramm SIGRA V 4.59	35
5.8	Ausgabe von Messwerten der Siprotec 7VE61	36
6	Praxisversuch	37
6.1	Praxisversuch Aufbau und Beschreibung	37
6.2	Verbinden eines Synchrongenerator 1FA3 144 mit dem Verbundnetz	37
6.3	Trennung eines Synchrongenerators 1FA3 144 vom Verbundnetz	39
7	Zusammenfassung des Projektes	41
8	Zukunftsaussicht	41
	Abbildungsverzeichnis	42
	Formelverzeichnis	43
	Tabellenverzeichnis	43

1. Einleitung

Dieses Praxisprojekt handelt über die Synchronisation zweier Niederspannungsnetze mit jeweils 400 V mit je drei Phasen. Wird in der Praxis ein neuer Erzeuger aufgebaut, ist zu beachten, dass das Erzeugernetz beim Zuschalten synchron mit dem Verbundnetz ist. Sollte dies nicht der Fall sein, können hohe Einschaltströme entstehen, die Schäden am Erzeuger oder anderen Bauteilen nach sich führen. Damit diese hohen Schaltströme nicht entstehen, gibt es spezielle Synchronseinheiten. Durchgeführt wird das Praxisprojekt in der Maschinenhalle der TH Köln an einem bestehenden Synchrongenerator 1FA3 144 der Firma Siemens. Das Ziel des Praxisprojektes ist eine Synchronisation des Synchrongeneratornetzes mit dem Verbundnetz. Zurzeit geschieht dies durch eine Dunkelschaltung zwischen den beiden Netzen, welche aus drei Leuchtmittel besteht, die zwischen den Phasen der beiden Netze angeschlossen sind und die Synchronität anzeigen.

In diesem Projekt wird eine Synchronseinheit Siprotec 7VE61 der Firma Siemens verwendet. Diese Synchronseinheit wird in einem selbstentworfenen Gehäuse eingebaut, sowie betriebsbereit programmiert. Zusätzlich wird in dem Gehäuse die notwendige Hardware verbaut. Vorplanungen zur Entstehung dieses Praxisprojektes wurden von Herrn Littau durchgeführt [1].

2. Hintergrund

2.1 Synchronisation

Synchronisation bedeutet, dass zwei unterschiedliche Netze in Spannung, Frequenz und Phasenwinkel angepasst werden. Zusätzlich ist noch auf die Drehrichtung der jeweiligen Netze zu achten. In Abbildung 1 sind zwei unterschiedliche Netze zu sehen. Das rote Netz 2 ist doppelt so schnell in der Frequenz wie das grüne Netz 1. Sollte nun eine Verbindung der zwei Netze vollzogen werden, würde dies zu hohen Ausgleichströmen führen. Um diese hohen Ströme in diesem Beispiel zu verhindern würde eine Synchronisation der zwei Netze durchgeführt werden und das rote Netz verlangsamt oder das grüne Netz beschleunigt, bis die Frequenzen gleich sind. Diese hohen Ausgleichströme entstehen auch bei unterschiedlichen Spannungen und Phasenwinkeln. Damit Bauteile geschützt werden können, werden die hohen Schaltströme dank Synchronisation verhindert.

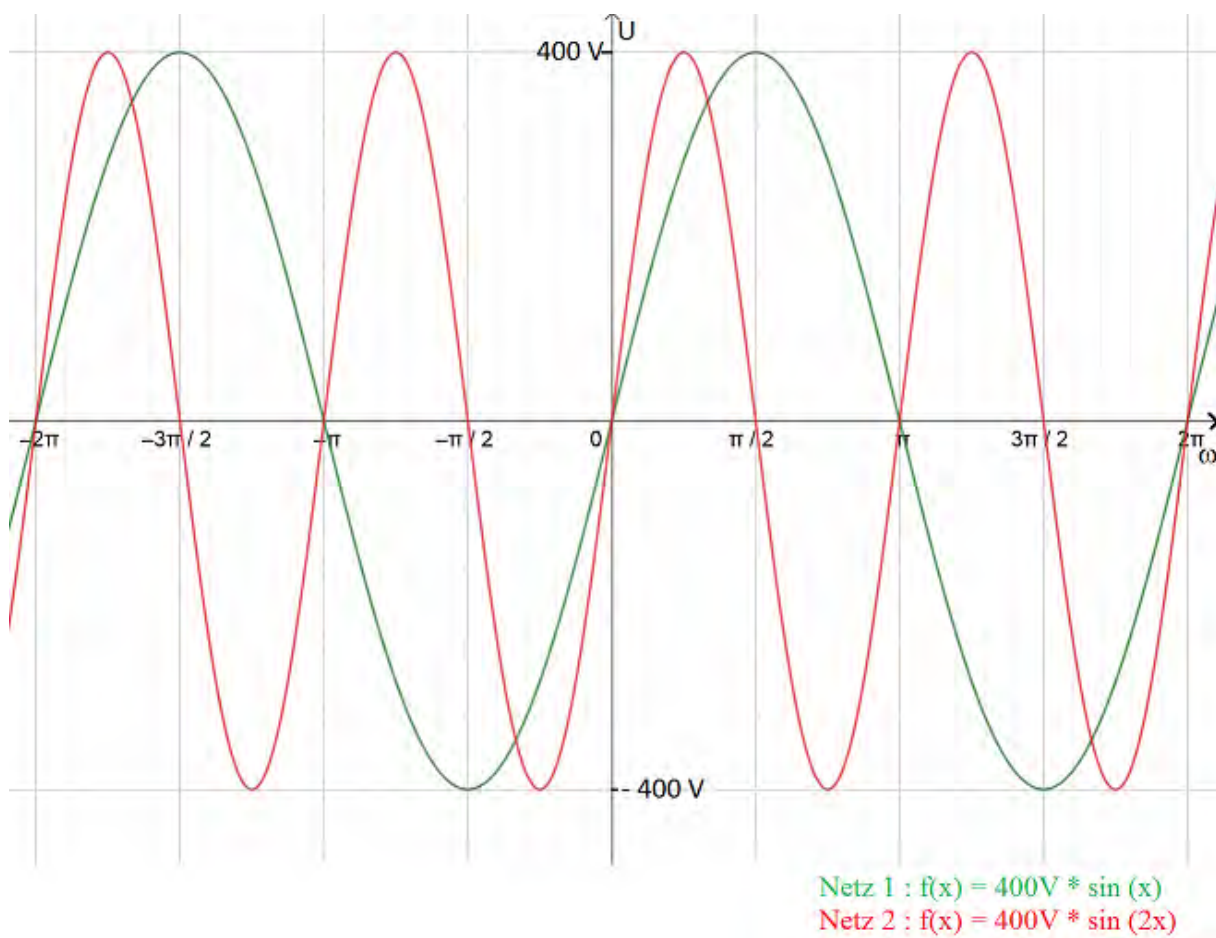


Abbildung 1 : Zwei verschiedene Niederspannungsnetze

Quelle : Eigene Darstellung

In diesem Projekt können folgende Änderungen manuell an dem Synchrongenerator durchgeführt werden:

- Gleiche Phasenfolge (Anschluss-Reihenfolge der Zuleitungen bzw. Drehrichtung des Antriebsmotors),
- Gleiche Frequenz (wird über die Antriebsdrehzahl eingestellt),
- Gleiche Phasenlage (Abwarten bei kleiner Differenzdrehzahl),
- Gleiche Spannung (wird über Erregerstrom eingestellt)

3 Hardware

3.1 Aufbau

3.1.1 Bilder zum Praxisprojekt Aufbau

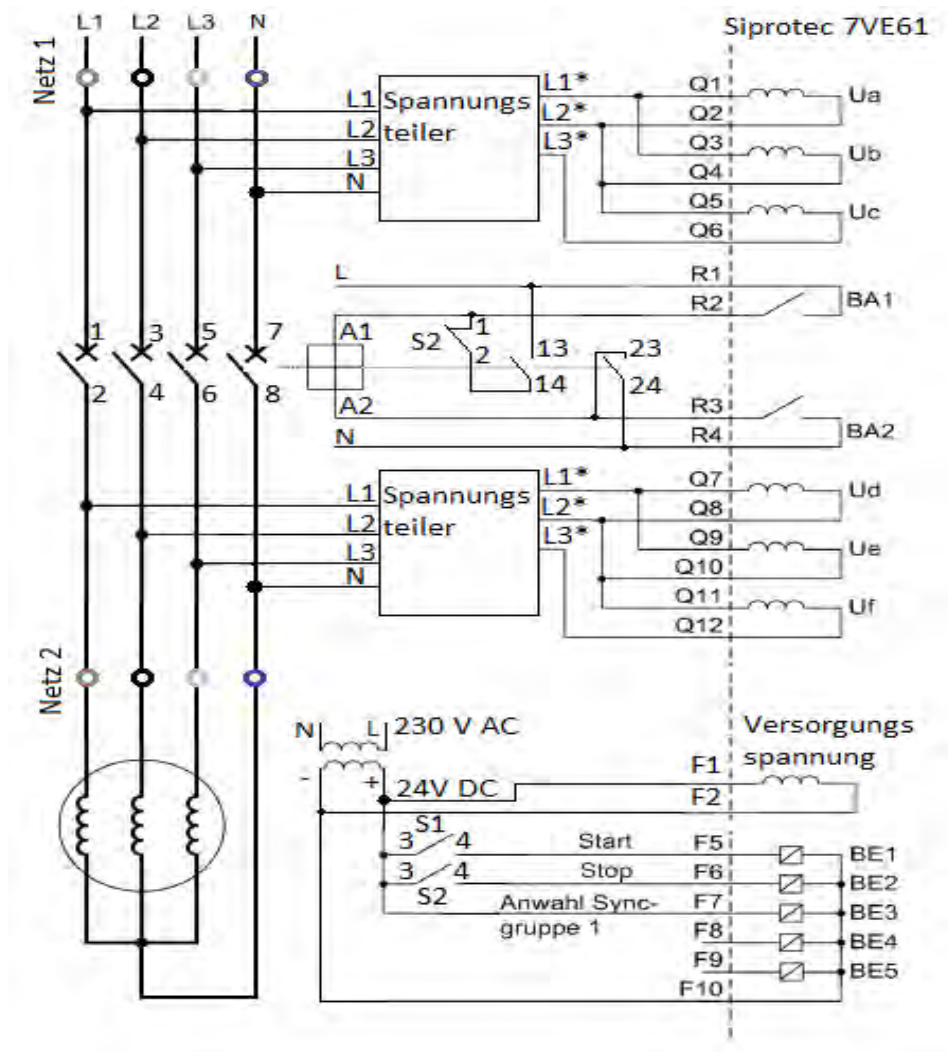


Abbildung 2 : Gesamter Klemmplans

Quelle : [2]

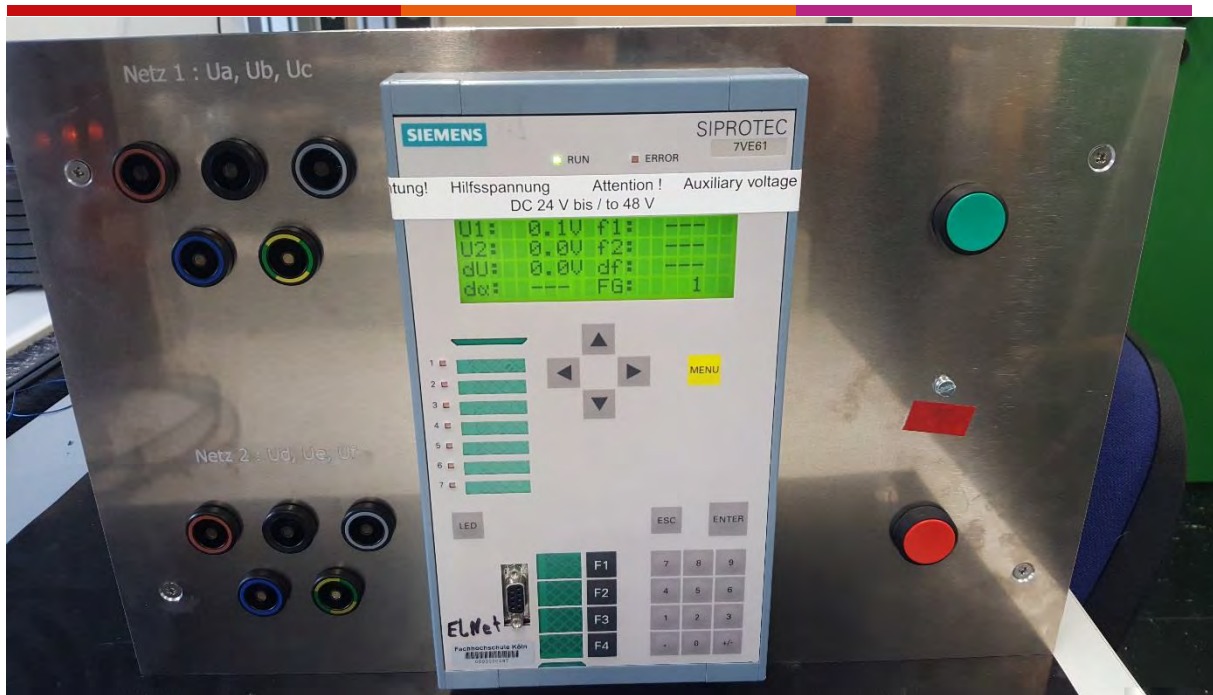


Abbildung 3 : Fertige Frontplatte

Quelle : Eigene Darstellung



Abbildung 4 : Kaltgeräteeuchse und Hauptschalter

Quelle : Eigene Darstellung

3.1.3 Erklärung des Gesamtschaltbildes

Abbildung 2 zeigt die Gesamte Verdrahtung die in diesem Praxisprojekt durchgeführt wurde. Auf der linken Seite befindet sich der Laststromkreis. Dieser besteht aus einem Synchrongenerator Typ 1FA3 144 und dem Verbundnetz. Beide Netze werden durch das Leistungsschütz K2-45A00-40, welches über die Siprotec 7VE61 gesteuert wird, verbunden. Das jeweilige Netz wird an der Frontplatte in die entsprechenden Buchsen eingesteckt (Abbildung 3). Die Messspulen der Siprotec 7VE61 werden von den jeweiligen Netzen versorgt. Da diese Messspulen jedoch keine 230 V Niederspannung vertragen wird ein Spannungsteiler eingebaut. Für den expliziten Aufbau des Spannungsteilers siehe Kapitel 3.2. An den Messspulen ($U_a - U_c$ bzw. $U_d - U_f$) wird der Spannungsteiler der entsprechenden Netzseite angeklemmt. Hierbei handelt es sich um eine verkettete Spannung zwischen $L1^*$, $L2^*$

und L3*. Zusätzlich benötigt der Spannungsteiler den Neutralleiter des jeweiligen Netzes. An dem Binärkontakt BA 1 wird eine Spannung von 230 V Wechselspannung (AC) angelegt und der entsprechende Neutralleiter an den Binärkontakt BA 2. Jeder Binärkontakt verfügt über ein spannungsfreies Relais. Diese spannungsfreie Relais dienen zur doppelten Sicherheit, welche von der Siprotec 7VE61 gegeben ist und mögliche Schaltfehler verhindern soll. Zwischen den beiden Binärkontakten BA 1 und BA 2 wird das Leistungsschutz K2-45A00-40 zur Verbindung der beiden Netze angeklemt. Das Leistungsschutz K2-45A00-40 benötigt eine Selbsthaltung, welche durch die Kontakte 13/14 und 23/24 realisiert wird. Die Siprotec 7VE61 benötigt eine 24 V Gleichspannung (DC) zur Spannungsversorgung an den Eingängen F 1 und F 2. Diese 24 V DC Spannung wird über einen Eingebauten Trafo „LOGO!POWER“ der Firma Siemens geliefert. Die 230V AC Spannung zum versorgen des Trafos wird auf der linken Seite (Abbildung 4) über einen Kaltgerätestecker gewährleistet. Unter dem Kaltgerätestecker befindet sich der Hauptschalter, um diese 230V AC Spannung zu schalten. Abbildung 3 zeigt die fertige Frontplatte in der sich der grüne Knopf der Firma Siemens zum Einschalten des Synchronisationsmessverfahren befindet. Für das Einschalten wird eine 24 V DC Spannung benötigt und betätigt an der Siprotec 7VE61 den binäre Eingang BE 1. Durch betätigen des roten Knopfes der Firma Siemens wird das Synchronisationsverfahren gestoppt und die Selbsthaltung von dem Leistungsschutz K2-45A00-40 unterbrochen. Für das stoppen der Synchronisation benötigt der Schließer eine 24 V DC Spannung und betätigt den Binäreingang BE 2 an der Siprotec 7VE61. Am Binäreingang BE 3 ist eine dauerhafte 24 V DC-Spannung angeschlossen, um die Funktionsgruppe 1 (Kapitel 5.3) stets ausgewählt zu haben.

3.2 Spannungsteiler

3.2.1 Schaltplan zum Spannungsteiler

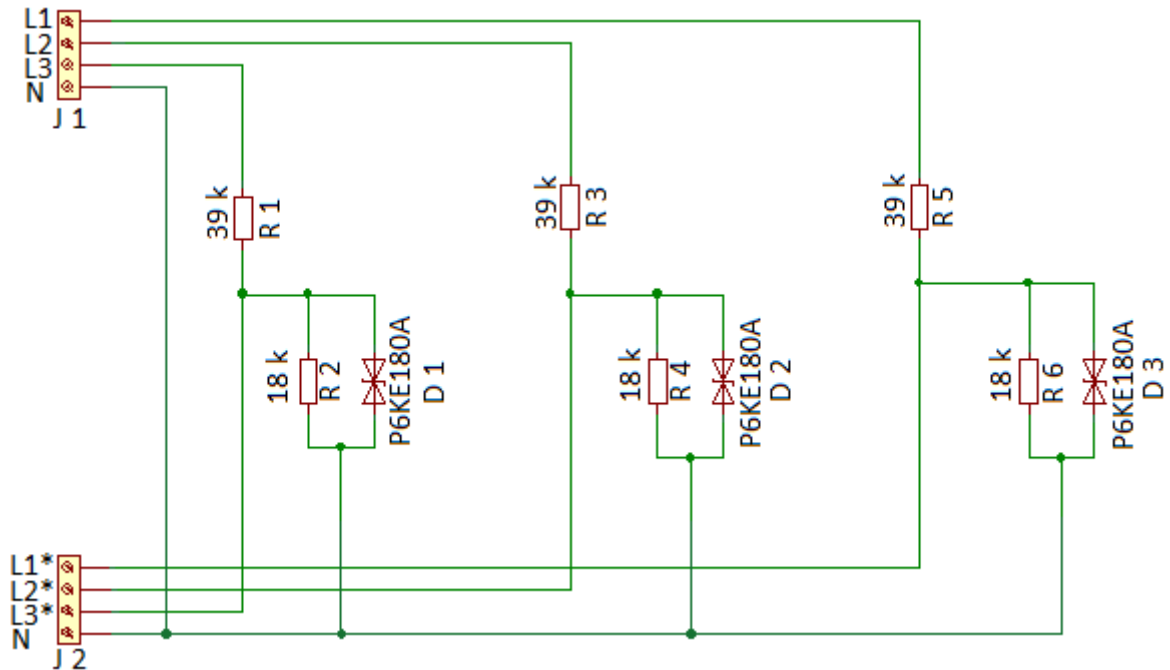


Abbildung 5 : Spannungsteiler 230 V auf 57 V

Quelle : Eigene Darstellung

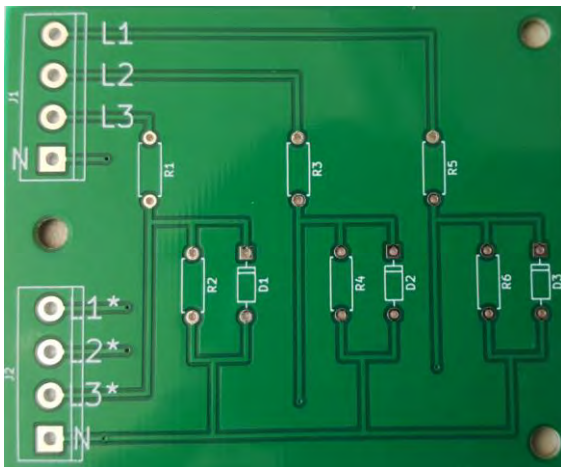


Abbildung 6 : Gefertigte Platine

Quelle : Eigene Darstellung

3.2.2 Erklärung des verwendeten Spannungsteilers

In diesem Praxisprojekt wird ein Spannungsteiler aus ohmschen Widerständen und einer parallel geschalteten Diode genutzt. Abbildung 5 zeigt den entworfenen Schaltplan im Programm KiCad. Nach diesem Schaltplan wurden Platinen ätzen lassen und das fertige Resultat ist in Abbildung 6 zu betrachten. Der Spannungsteiler wird durch zwei in Reihe geschalteten ohmschen Widerständen realisiert. An den zweiten Widerständen (R_2 , R_4 , R_6) wird jeweils eine bipolare Diode eingebaut. Diese dient zum Schutz des angeklemmten Verbrauchers. Falls einer dieser Widerstände durchbrennt, werden nicht die Messspulen beschädigt, da der Fehlerstrom durch die Dioden fließen kann. Würde der Fehlerstrom durch die Messspulen fließen, könnten diese zerstört werden. Zuerst wird bei einem belasteten Spannungsteiler der Parallelwiderstand R_{ers} nach Formel (1) berechnet. Danach kann die an der Messspule anliegende Spannung mit Hilfe der Spannungsteiler-Formel (2) bestimmt werden.

$$R_{ers} = \frac{R_2 * R_L}{R_2 + R_L} \quad (1)$$

$$U_2 = U_{ges} * \frac{R_1 * R_{ges}}{R_1 + R_{ges}} \quad (2)$$

R_1 und R_2 können aus der Abbildung 5 entnommen werden.

R_L wurde mit einer Vierdrahtmessung bestimmt und liegt bei 180 k Ω pro Messspule. Mit dieser Aufteilung der Widerstände wird eine Phasenspannung von 230 V auf 57 V herabgesetzt. Da an den Messspulen eine Spannung von 90 V bis 110 V anliegen muss, wird hierzu die verkettete Spannung der Außenleiter genutzt. Diese liegt im belasteten Betrieb bei 97 V.

3.3 Auswahl des Schützes

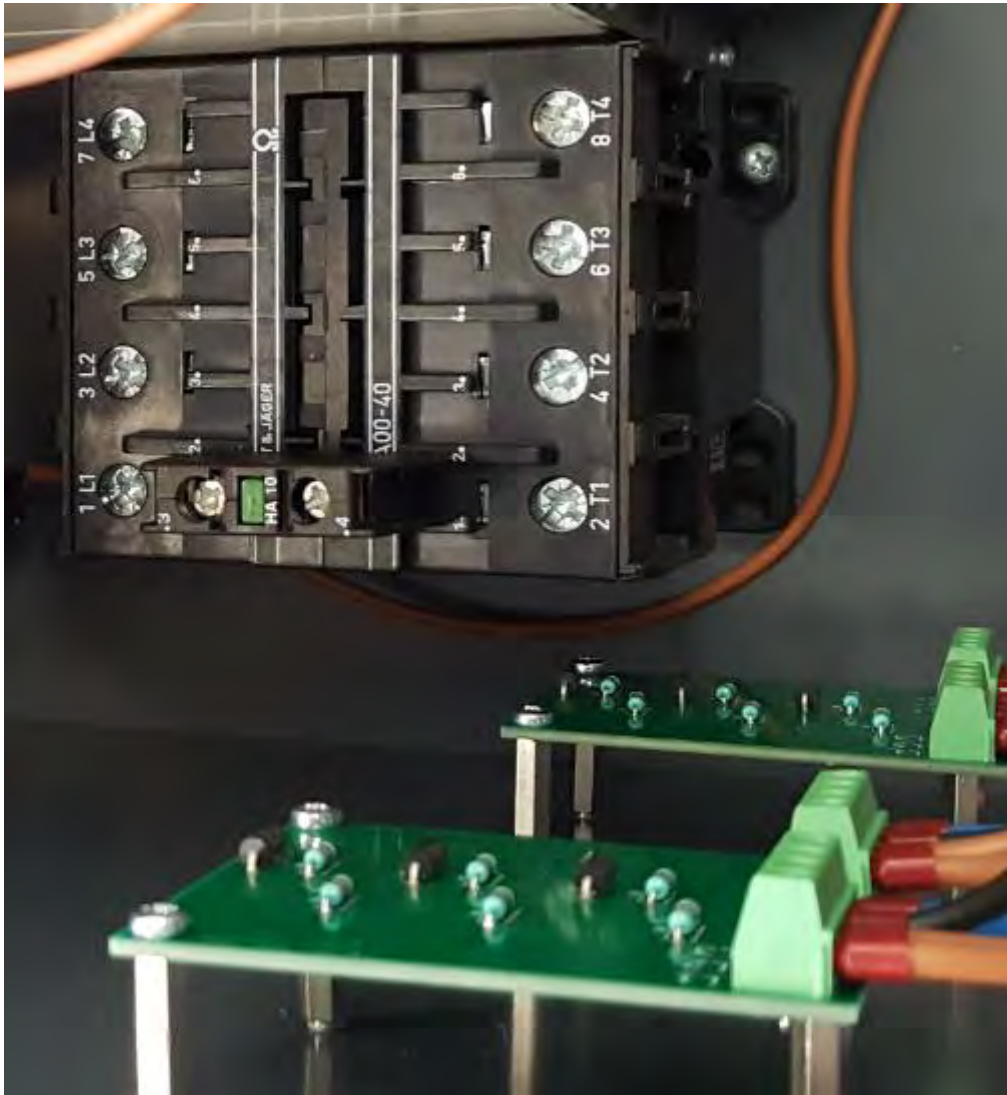


Abbildung 7 : Eingebautes Leistungsschütz K2-45A00-40

Quelle : Eigene Darstellung

Für die Auswahl eines passenden Schützes musste geklärt werden, welche Erzeuger mit dem Verbundnetz synchronisiert werden sollen. Das Ergebnis umfasst drei verschiedene Erzeuger, die im Inselnetz betrieben werden und mit dem Verbundnetz synchronisierbar sein sollen.

Diese drei Erzeuger sind:

- Synchrongenerator Typ 1FA3 144 Firma Siemens
- Wechselrichter Sunny Tripower STP 17000 Firma SMA
- Batteriespeicher

Anhand der Leistungswerte der Erzeuger wurde ein 55 kW Schütz mit 80 A ausgewählt. Das Schütz besitzt vier Schließer um die Netze komplett voneinander zu trennen bzw. zu verbinden.

3.4 Gehäuseaufbau

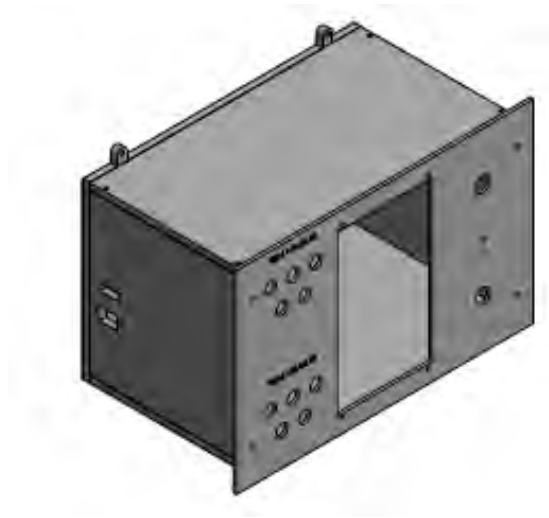


Abbildung 8 : Gesamtansicht vom Gehäuse

Quelle : Eigene Darstellung

Beim Aufbau des Gehäuses (Abbildung 8) wurde darauf geachtet, dass alle Bauteile integriert sind und es in zwei verschiedenen Einbausystemen verwendet werden kann. Das erste System besteht aus einem Schiebeyesystem, in dem die Frontplatte des Gehäuses eingeschoben wird. Das zweite System besteht aus einer Holzplatte, an welcher die Rückseite befestigt wird. Für eine Montage auf diesen Platten dienen die hinten angebrachten Schraublöcher (Kapitel 3.3.3). Die Frontplatte besteht aus einem 5 mm dicken Aluminiumstück, in den Bohrungen für die Bauteile vorgesehen wurden (Abbildung 9). Die restlichen Außenwände bestehen aus 10 mm starken PVC-Stücken.

3.3.1 Frontplatte des Gehäuses

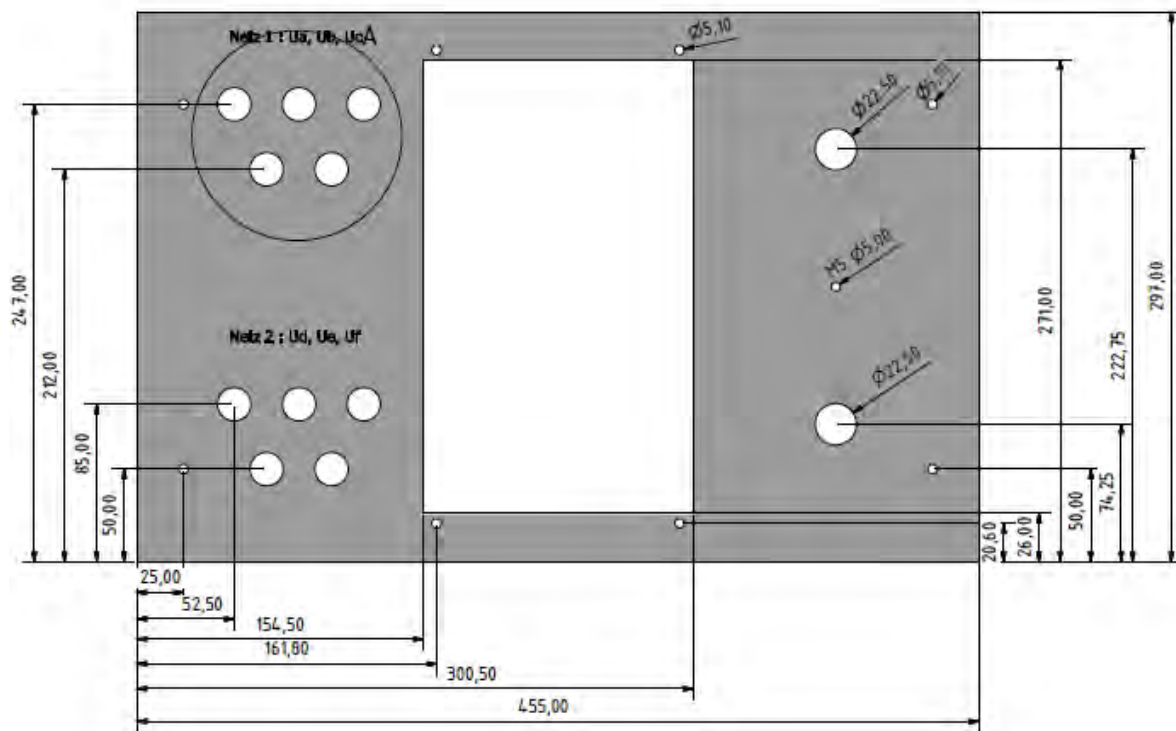


Abbildung 9 : Frontplatte des Gehäuses

Quelle : Eigene Darstellung

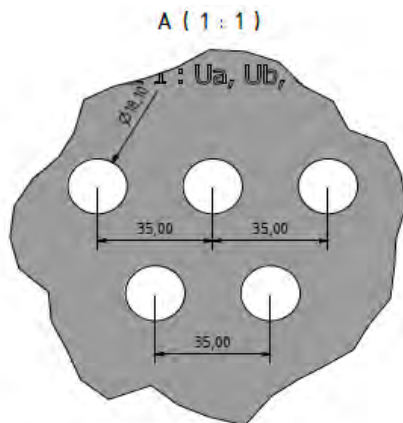


Abbildung 10 : Detailansicht A von der Frontplatte des Gehäuses

Quelle : Eigene Darstellung

Bei der Frontplatte aus Aluminium wurde drauf geachtet das sie gut mit den restlichen Bauteilen verschraubbar ist und eine gute Anordnung der jeweiligen Bauteile gewährleistet. Die äußeren 5,1 mm Bohrungen dienen zur Montage mit den dahinterliegenden PVC-Stücken. Die restlichen 5,1 mm Bohrungen werden zur Montage der Siprotec 7VE61 mit den PVC-Stücken genutzt. Links befinden sich die Bohrlöcher (Abbildung 10) für die Buchsen, in denen die Netze angeschlossen werden können. Der Abstand der Buchsen wurde an den Abständen von den bestehenden Labortischen angepasst. Über den Bohrlöchern befindet sich jeweils die

Bezeichnung, für welche Messspulen die Buchsen dienen. An der rechten Seite liegen die 22,5 mm Bohrungen zum Einbau der beiden Taster. In der Mitte zwischen den Bohrungen befindet sich eine 5 mm Durchbohrung. Diese Bohrung dient zur Erdung der Frontplatte.

3.3.2 Gehäusewand auf der linken Seite

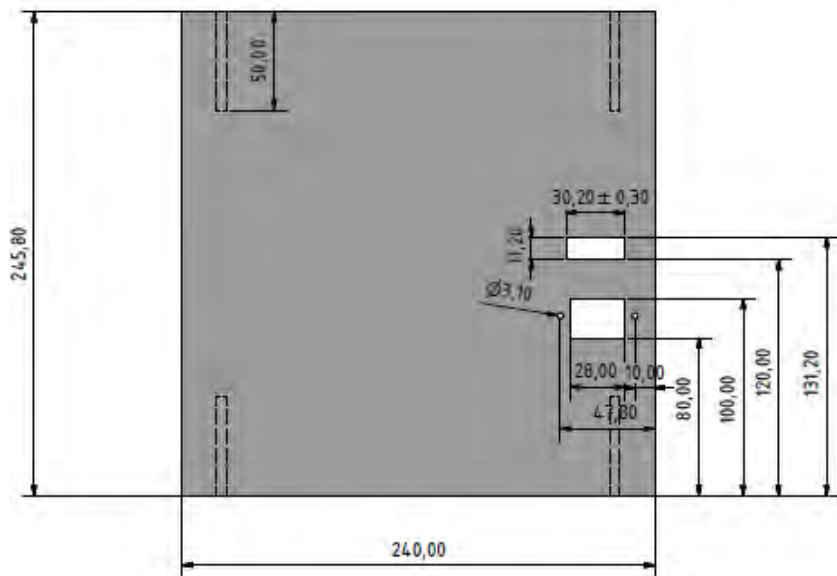


Abbildung 11 : Gehäusewand auf der linken Seite

Quelle : Eigene Darstellung

An der linken Seite des Gehäuses sind zwei Öffnungen vorgesehen. In denen sind der Ein-/Ausschalter und die Kaltgerätebuchse zur Spannungsversorgung eingebaut (Abbildung 11). Auf der Rückseite dieser Gehäusewand befindet sich eine Hutschiene, auf der Reihenklemmen sowie der Trafo „Logo!POWER“ der Firma Siemens montiert sind.

3.3.3 Hintere Gehäusewand

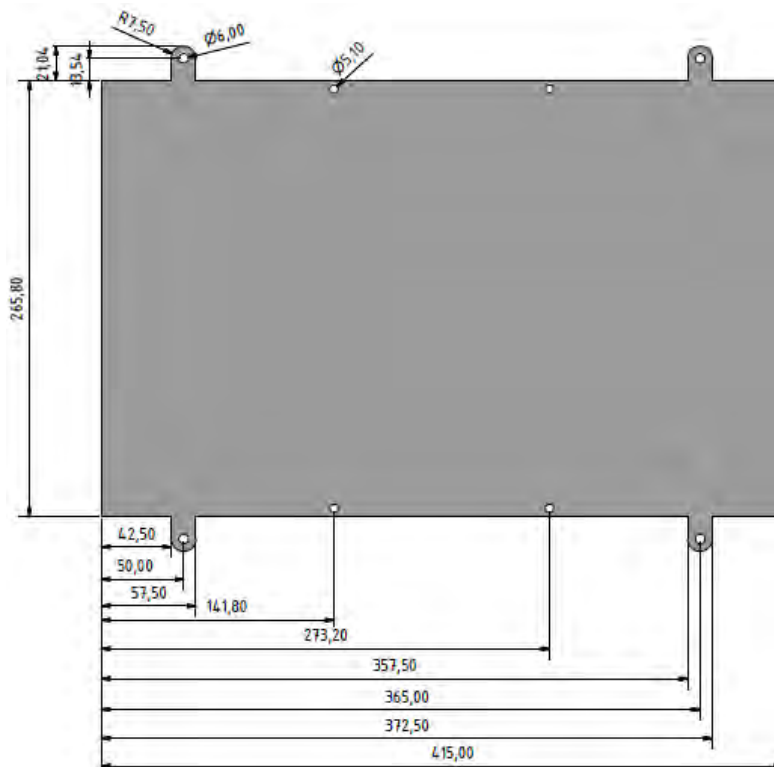


Abbildung 12 : Hintere Gehäusewand

Quelle : Eigene Darstellung

Bei der hinteren Gehäusewand (Abbildung 12) wurden vier Schraublöcher vorgesehen. Diese dienen zur Montage auf einer Holzplatte, um das Gehäuse an einem Schiebesystem anzubringen, das eine Montage an der Rückseite des Siprotec-Gehäuses benötigt. An der Rückseite des Gehäuses sind keine Lüftungsschlitze vorgesehen. Eine mögliche Hitzeentwicklung kann nur in einem Langzeit Test durchgeführt werden.

3.3.4 Obere und untere Gehäusewand

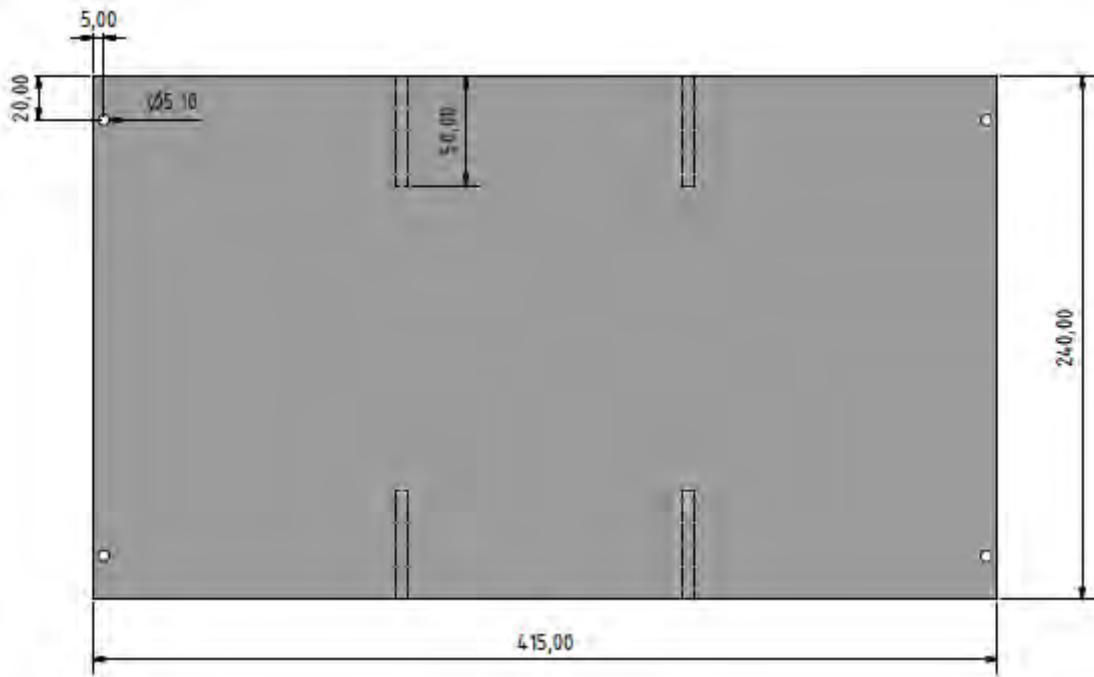


Abbildung 13 : Obere und untere Gehäusewand

Quelle : Eigene Darstellung

Die obere und untere Gehäusewand sind baugleich und werden genutzt, um die Siprotec 7VE61 mit dem Gehäuse zu verschrauben (Abbildung 13).

3.3.5 Gehäusewand auf der rechten Seite

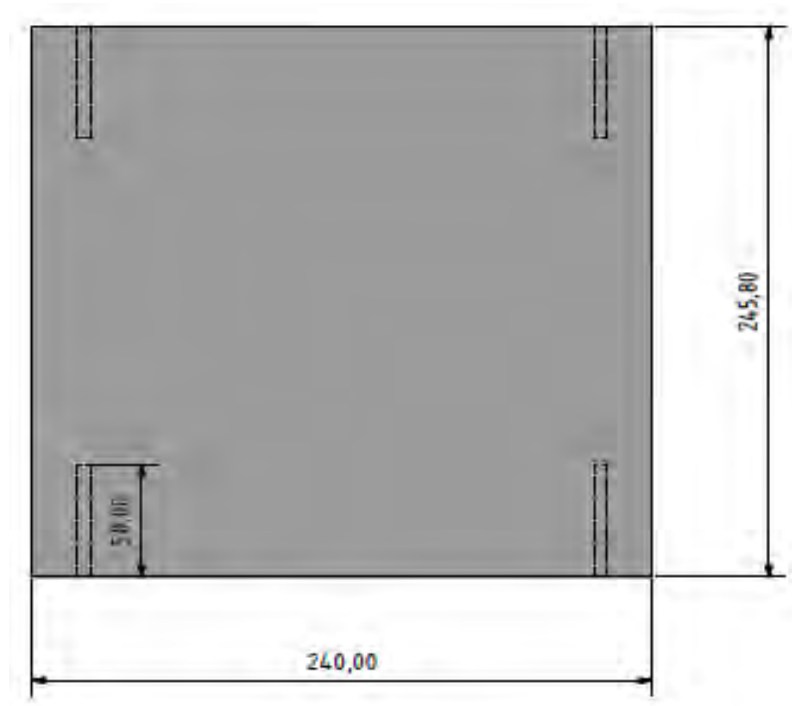


Abbildung 14 : Gehäusewand auf der rechten Seite

Quelle : Eigene Darstellung

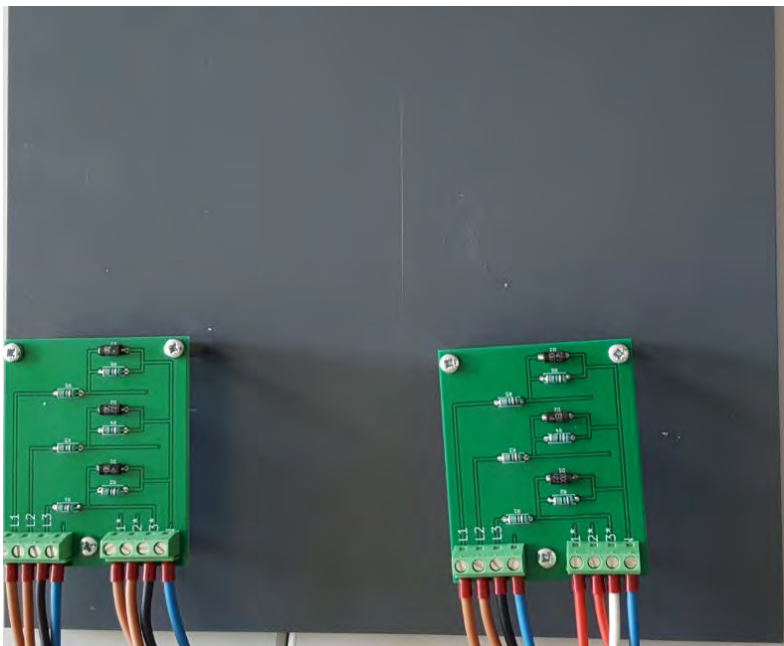


Abbildung 15 : Platinen montiert, Gehäusewand rechts

Quelle : Eigene Darstellung

Auf der rechten Gehäusewand (Abbildung 14) sind innenliegend die zwei Spannungsteiler mit Platinen Abstandshalter montiert (Abbildung 15).

3.3.6 Innenleben im fertigen Gehäuse



Abbildung 16 : Innenleben Buchsen und Hutschiene

Quelle : Eigene Darstellung

Nach Einbau der Buchsen in die Frontplatte wurden pro Buchse ein Kabelschuh 16 mm² M6 und ein Kabelschuh 1,5 mm² M6 von hinten angeschlossen (Abbildung 16). Die 16 mm² Leitung geht jeweils zum verbauten Leistungsschütz K2-45A00-40 um die Lasten miteinander zu verbinden. Die 1,5 mm² Leitung führt zu den entsprechenden Messspulen der Siprotec 7VE61. Hinter den Buchsen ist eine Hutschiene montiert, auf ihr befindet sich ein Trafo „LOGO!POWER“ der Firma Siemens für die Gleichspannungsversorgung sowie eine Reihenklemme zum Erden der Hutschiene. Neben dem Trafo befindet sich der Kaltgerätestecker, der zur Versorgung des Trafos eingebaut wurde. Unter dem Kaltgerätestecker befindet sich der Hauptschalter zum Ein- und Ausschalten der Versorgungsspannung.



Abbildung 17 : Innenleben Leistungsschütz, Taster und Spannungsteiler

Quelle : Eigene Darstellung

Auf der anderen Seite der Siprotec befinden sich die Spannungsteiler, das Leistungsschütz K2-45A00-40 und die zwei Taster (Abbildung 17). Der grüne Taster sitzt über dem roten Taster und sind beide mit der Siprotec 7VE61 verbunden. Der rote Taster besitzt zu dem Schließer Kontakt zusätzlich einen Öffner Kontakt um die selbthalte Funktion vom Leistungsschütz K2-45A00-40 zu trennen. Hinter den Tastern sitzt das Leistungsschütz K2-45A00-40 mit drei Hilfskontakten, welche Schließer Kontakte sind. Zwei Hilfskontakte werden zur Realisierung der Selbsthaltung genutzt, der dritte Hilfskontakt ist für mögliche spätere Signalgebungen vorgesehen. An der Seitenwand neben den Leistungsschütz K2-45A00-40 befinden sich die zwei Spannungsteiler.



Abbildung 18 : Innenleben Rückseite Siprotec 7VE61

Quelle : Eigene Darstellung

In der Mitte des Gehäuses befindet sich die Siprotec 7VE61 (Abbildung 18). Der obere rechte Block besteht aus den Lifekontakten. Diese dienen zur Spannungsversorgung und Ansteuerung des Synchronisationsmessverfahrens. Die obersten zwei Kontakte dienen zur Spannungsversorgung der Siprotec 7VE61. Kontakt 5 (dritter Kontakt von oben rechts) ist mit dem grünen Knopf verbunden und startet das Messverfahren. Der nächste Kontakt (schräg links darunter) beendet das Synchronisationsmessverfahren. Die Funktionsgruppe wird über den Kontakt 7 ausgewählt. Am unteren linken Block befinden sich die Messspulen der Siprotec. Die oberen sechs Schraubklemmen sind die Messspulen für Netz 1, die darunter liegenden Schraubklemmen für Netz 2. Der größte Block (oben links) besteht aus den spannungsfreien Relais. Zurzeit sind nur die binäre Ausgänge BA 1 und BA 2 verdrahtet. Diese Ausgänge schalten das Leistungsschutz K2-45A00-40. Die Verschaltung der einzelnen Kontakte kann erneut in Abbildung 2 : Gesamter Klemmplan auf Seite 2 nachgeschaut werden.

4 Siprotec 7VE61

4.1 Funktionsweise der Siprotec 7VE61

4.1.1 Allgemein

Die Siprotec 7VE61 von Siemens dient zur Kontrolle der Synchronisation von zwei Netzen. Es besteht die Möglichkeit, dass die Siprotec 7VE61 den angeschlossenen Generator selbst steuern kann um die Synchronität nicht von Hand Regeln zu müssen. Das Synchronmessverfahren wird direkt am Gerät eingeschaltet.

4.1.2 Messverfahren

Bei dem Messverfahren zur Synchronität sind die Messspulen für die Spannungen U_b und U_e antiparallel zu den Messspulen der Spannungen U_a und U_d geschaltet. Dies dient zur Überprüfung der Messeinrichtung, da sich U_a und U_b sowie U_d und U_e zu Null addieren. An diesen Messspulen liegt die verkettete Spannung von L1 und L2 an, diese muss im Bereich zwischen 90 V und 110 V sein.

4.1.3 Drehfeldkontrolle

Die Drehfeldkontrolle erfolgt über die Messspulspannungen U_c für Netz 1 und U_f für Netz 2. Dies geschieht durch die verkettete Spannung von L2 und L3. Diese Messspulen sind auch für den Spannungsbereich zwischen 90 V und 110 V ausgelegt.

4.2 Erklärung der Siprotec Oberfläche

4.2.1 Beschreibung der Display-Anzeige



Abbildung 19 : Display-Anzeige der anliegenden Spannung

Quelle : Eigene Darstellung

Wie in Abbildung 19 dargestellt besteht das Display der Siprotec 7VE61 aus zwei Spalten mit je vier Reihen. In der folgenden Tabelle 1 werden die jeweiligen Abkürzungen erklärt.

Tabelle 1 : Display-Anzeige

U1	Die an den Messspulen U_a und U_b anliegende Spannungen. Maximal 110 V !	f1	Die Netzfrequenz an den Messspulen für U_a bzw. U_b
U2	Die an den Messspulen U_d und U_e anliegende Spannung. Maximal 110 V !	f2	Die Netzfrequenz an den Messspulen für U_d bzw. U_e
dU	Die Spannungsdifferenz von U1 und U2 ($dU = U2 - U1$).	df	Die Netzfrequenzdifferenz von Netz 1 und Netz 2 ($df = f2 - f1$).
$d\alpha$	Die Phasenwinkel zwischen U1 und U2 ($d\alpha = \alpha2 - \alpha1$).	FG	Anzeige der ausgewählten Funktionsgruppe (z.B. Funktionsgruppe 1).

Quelle : Eigene Darstellung

4.2.2 Beschreibung der LEDs und Auswahltasten

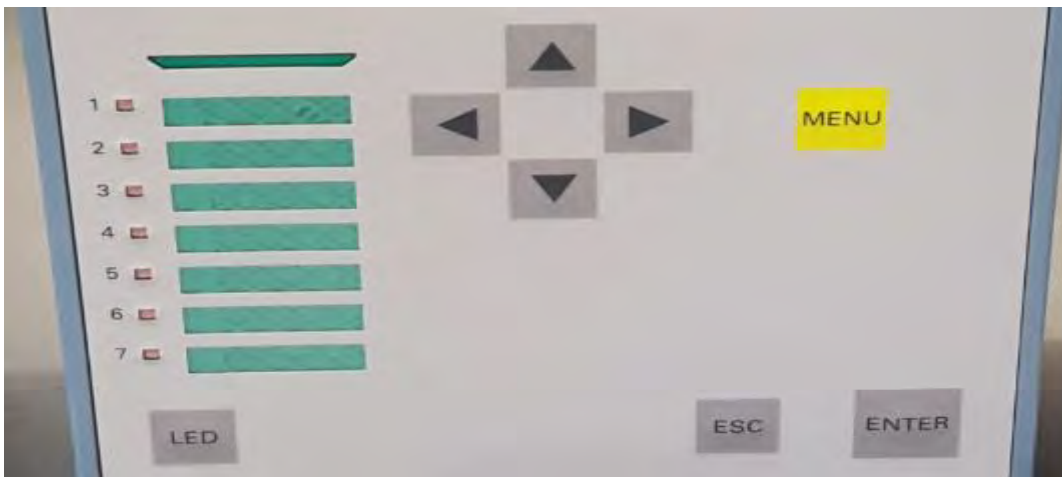


Abbildung 20 : LED Anzeige und Auswahltasten

Quelle : Eigene Darstellung

Auf der linken Seite in Abbildung 20 sind die sieben roten LED Anzeigen zu erkennen. Darunter befindet sich die Taste „LED“, diese führt zu einem Reset der LED Anzeigen. In der Mitte am oberen Rand sind die vier Pfeiltasten, welche zum Navigieren auf dem Display dienen. Rechts oben in der Ecke befindet sich die „MENU“-Taste (gelb unterlegt), diese führt ins Menü, in dem Messwerte und Störmeldungen abgelesen werden können. Unten rechts befindet sich die „ESC“-Taste um das jeweilige Menü zu verlassen. Daneben liegt die „ENTER“-Taste zum Bestätigen des ausgewählten Punktes. Die LED Funktionen werden in der Tabelle 2 kurz beschrieben.

Tabella 2 : LED Anzeigen

1	Keine Funktion
2	Keine Funktion
3	Messung der Funktionsgruppe 1 läuft.
4	Messung der Funktionsgruppe 1 hat eine Störung.
5	Frequenzdifferenz ist in Ordnung.
6	Spannungsdifferenz ist in Ordnung.
7	Phasenwinkel ist in Ordnung.

Quelle : Eigene Darstellung

4.2.3 Beschreibung der untere Hälfte der Siprotec 7VE61

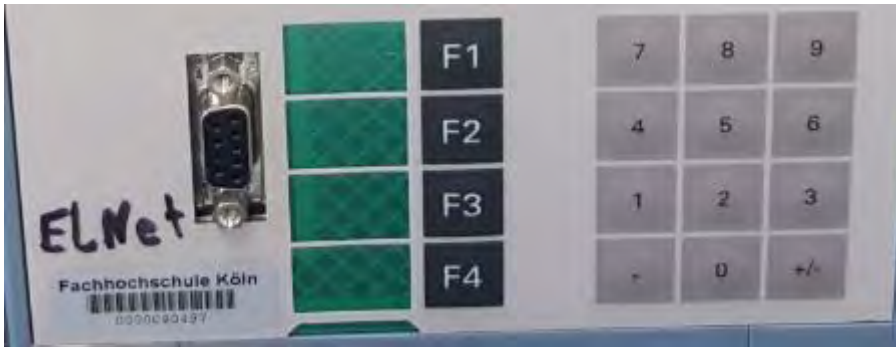


Abbildung 21 : Serielle Schnittstelle, Funktionstasten und Nummernblock

Quelle : Eigene Darstellung

Durch die serielle Schnittstelle RS 232, die in der Abbildung 21 links gezeigt wird, kann die Siprotec direkt mit einem Computer verbunden werden. Es wird ein seriellen Schnittstellen RS 232 Adapter auf USB genutzt. Durch diese Verbindung kann mit dem Programm Digi V 4.92 die Siprotec 7VE61 programmiert werden. Die Siprotec 7VE61 kann nicht ohne die Software Digi V 4.92 programmiert werden. Die Funktionstasten in der Mitte haben vorprogrammierte Funktion, die in Tabelle 3 beschrieben werden.

Tabella 3 : Funktionstasten Beschreibung

F1	Anzeige Betriebsmeldung
F2	Anzeige sekundäre Messwerte
F3	Anzeige letzte Störmeldung
F4	Menü „Rücksetzen“

Quelle : Eigene Darstellung

Der Nummernblock an der rechten Seite dient zur Zahleneingabe.

5 Programm Digs V 4.92

5.1 Allgemeine Erklärung und Digs Manager

Die Siprotec 7VE61 wird mit Hilfe des Programmes Digs V 4.92 programmiert. Die Digs V 5 kann hier nicht genutzt werden, weil die Software nicht mit diesem Siprotec-Modell kompatibel ist. Zur Programmierung muss ein Computer auf dem Digs V 4.92 installiert ist mit der seriellen Schnittstelle an der Vorderseite verbunden werden. Der Computer benötigt zur Installation von Digs V 4.92 eines der folgenden Betriebssysteme:

- Microsoft Windows 10 Pro und Enterprise 64-Bit
- Microsoft Windows 7 Ultimate/Enterprise und Professional 32-Bit und 64-Bit mit Service Pack 1
- MICROSOFT Windows Server 2008 R2 64-Bit mit Service Pack 1 und Server 2012 R2 64-Bit verwendet als Arbeitsplatzrechner
- VMware-Unterstützung für virtuelle Maschinen

sowie folgende Hardware-Voraussetzungen:

- 1 GHz-Prozessor oder höherwertig
- 4 GB freier Festplattenspeicher
- 1 GB Ram (Empfohlen werden 2 GB)
- Grafik-Display mit einer Auflösung von 1024 x 768 (1280 x 1024 empfohlen)
- DVD-Rom Laufwerk
- Tastatur und Maus
- Serielle Schnittstelle: RS 232 oder USB

Wichtig! Es handelt sich um eine Forschungs- und Testzweck Vollversion. Gesponsert von der Firma Siemens.

In der folgenden Tabelle 4 werden Abkürzungen, die in diesem Programm genutzt werden, kurz erklärt.

Tabelle 4 : Abkürzungen Digsi V 4.92

EM	Eingangssignal
AM	Ausgangssignal
H	Aktiv mit Spannung
L	Aktiv ohne Spannung
U	Un gespeichertes Signal (Impulssignal)
G	Gespeichertes Signal (Dauersignal)
K	Kommend
KG	Kommend/Gehend
U1	Spannung von Netz 1
U2	Spannung von Netz 2
f1	Frequenz von Netz 1
f2	Frequenz von Netz 2
Alpha1	Phasenwinkel von Netz 1
Alpha2	Phasenwinkel von Netz 2
SYNC	Synchronisation
BE	Binärer Eingang
BA	Binärer Ausgang

Quelle : Eigene Darstellung

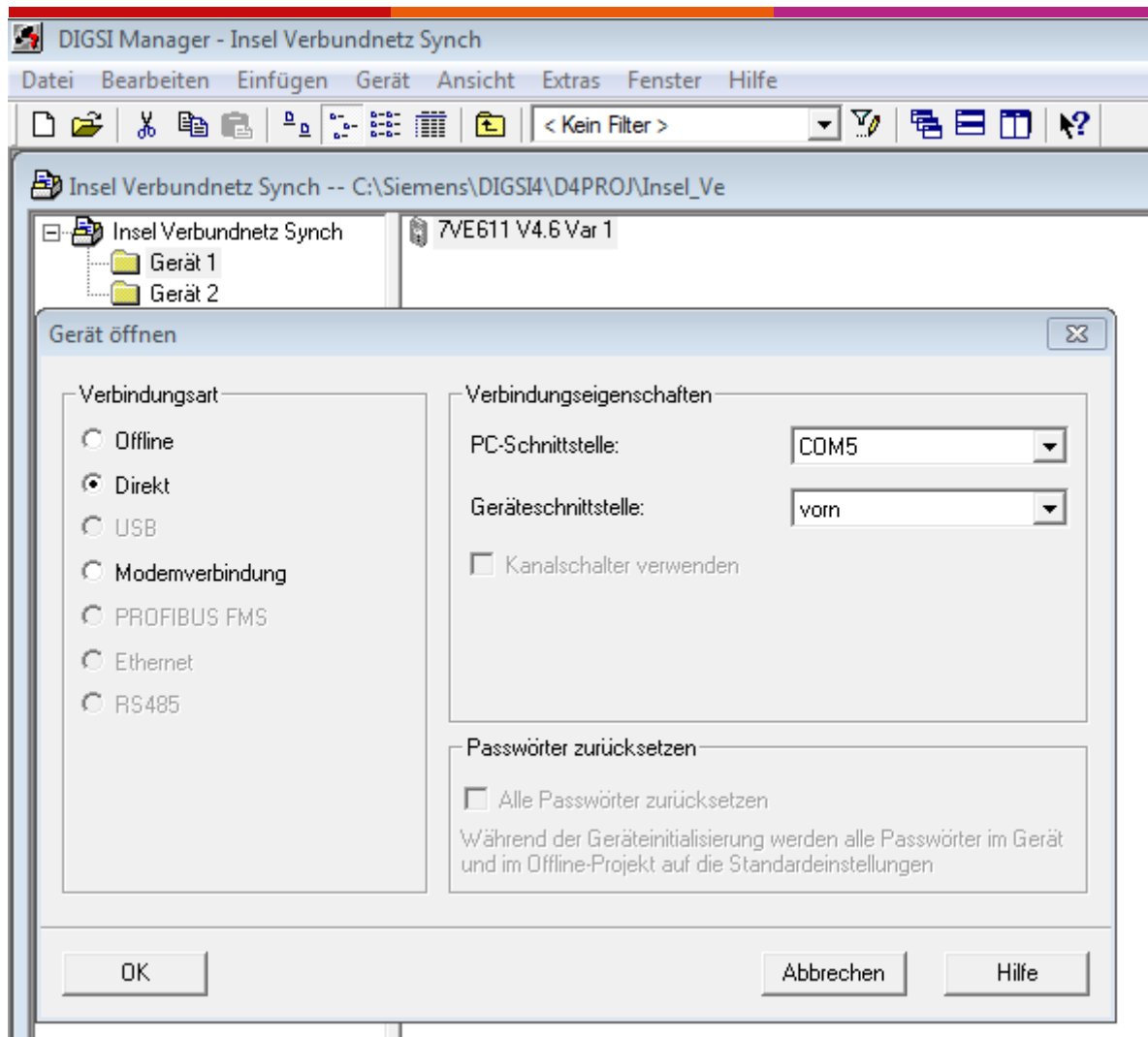


Abbildung 22 : Digsy Manager

Quelle : [3]

Beim Start von Digsy V 4.92 öffnet sich der Digsy Manager. In diesem Manager können Geräte eingefügt werden um diese zu programmieren (Abbildung 22). Voraussetzung dafür ist die Erstellung eines Projektes. In diesem Projekt können die gewünschten Geräte hinzugefügt werden. Es gibt drei Möglichkeiten die Geräte zu programmieren. Die Erste ist eine Programmierung, ohne direkt mit dem Gerät verbunden zu sein. In diesem Offlinemodus können alle Gerätedaten programmiert werden, indem vorher die Modellnummer des Gerätes eingegeben wird. Die zweite Möglichkeit ist eine direkte Verbindung mit der Siprotec 7VE61. Bei dieser Auswahl können die an der Siprotec 7VE61 anliegenden Spannungen angezeigt werden, sowie die Datenprotokolle der vorherigen Synchronisationen ausgelesen werden. Die dritte Auswahlmöglichkeit ist die Modemverbindung. In dieser Programmierart kann über eine angeschlossene Netzwerkverbindung mit externen Computer auf die Siprotec 7VE61 zugegriffen werden.

5.2 Einstellen des Funktionsumfangs

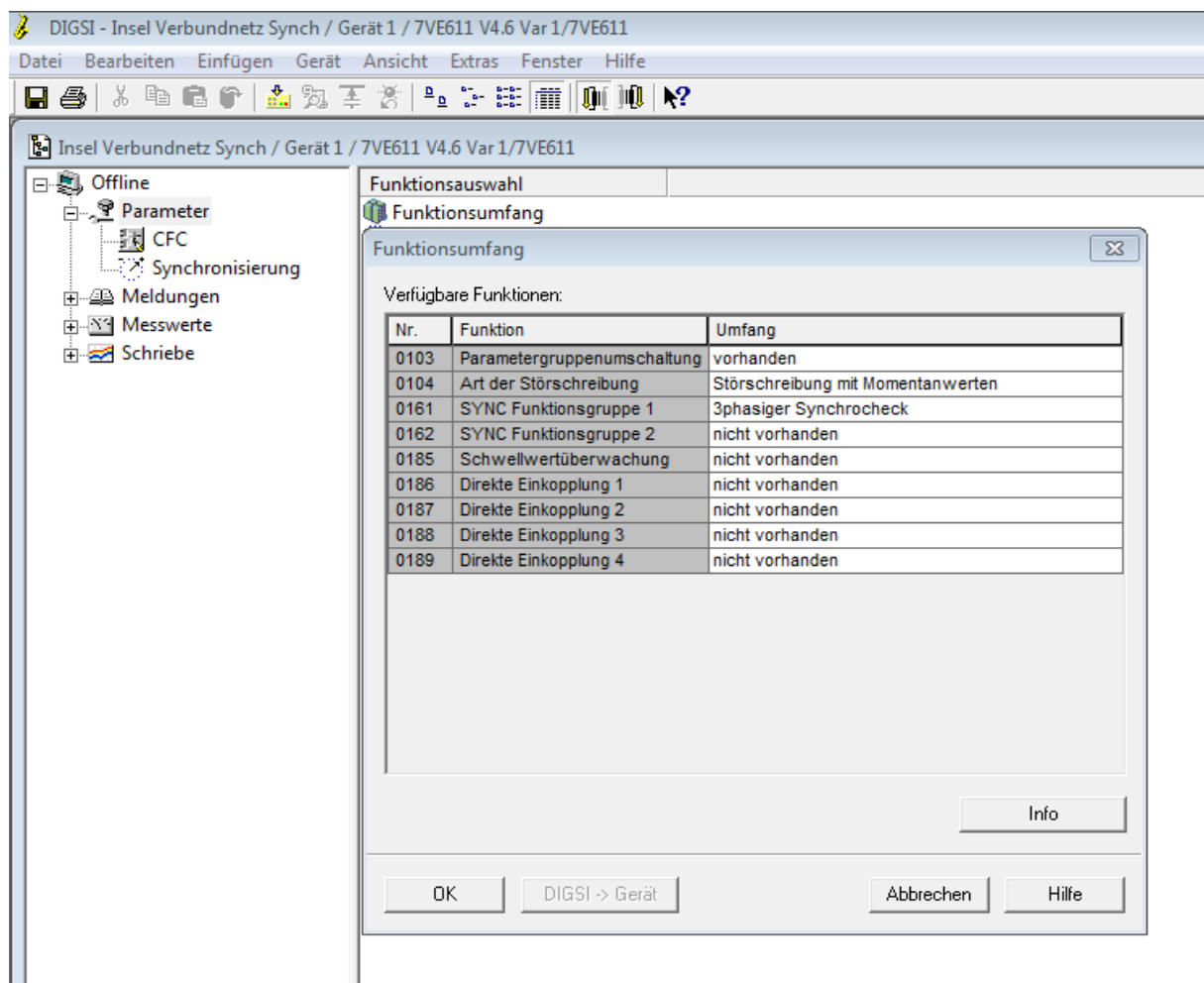


Abbildung 23 : Funktionsumfang

Quelle : [3]

Im Funktionsumfang können die Parametergruppenschaltungen, Störschreiber, Funktionsgruppen (Kapitel 5.3), Schwellwertüberwachung und direkte Einkopplungen eingestellt werden. Dies geschieht in Digsy unter *Parameter* -> *Doppelklick Funktionsumfang* (Abbildung 23). Die Art der Störschreibung ist auf Momentanwert voreingestellt. Dadurch wird im Zeichenprogramm Sigras die Spitzenwerte anstatt der Effektivwerte aufgezeichnet, wodurch das Ergebnis nicht verfälscht wird. Bei den SYNC Funktionsgruppen gibt es zwei verschiedene Arten von Synchronisationen: Zum einen kann der 3-phasige Synchrocheck ausgewählt sein. Die zweite Auswahl ist die 1,5-kanalige Synchronisierungsfunktion. Bei den 3-phasigen Synchrocheck handelt es sich um die klassische Synchronisation, bei der 3 Phasen angeschlossen werden. In diesem Verfahren ist die höchste Zuschaltsicherheit gegeben, ebenso ist eine Drehfeldkontrolle möglich. Die 1,5-kanalige Synchronisierungsfunktion ist für den Parallelbetrieb mehrerer Siprotec Einheiten geeignet. Für dieses Projekt wird nur der 3-phasige Synchrocheck benutzt.

5.3 Einstellen der Funktionsgruppen

5.3.2 Allgemeine Einstellungen

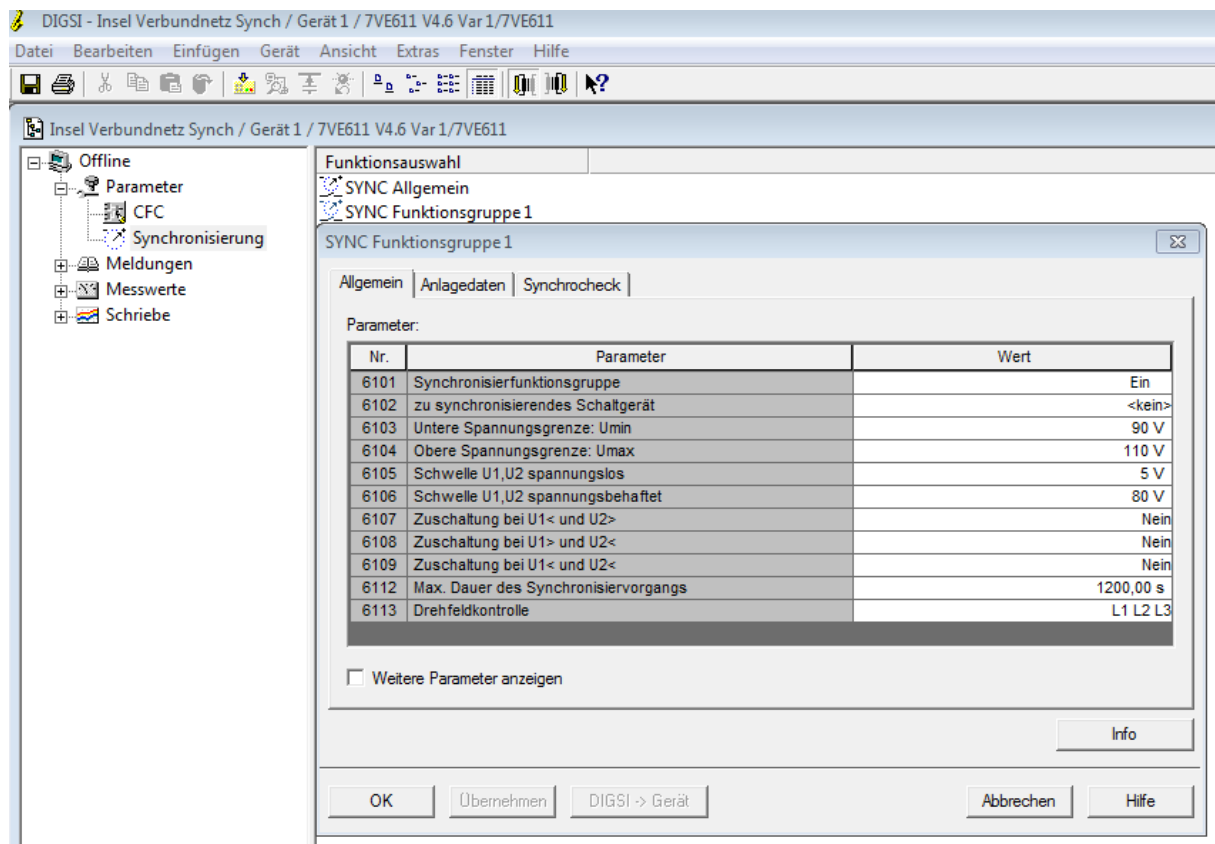


Abbildung 24 : SYNC Funktionsgruppe Allgemein

Quelle : [3]

Die allgemeinen Einstellungen der Funktionsgruppen können unter dem Pfad *Parameter* -> *Synchronisierung* -> *Doppelklick SYNC Funktionsgruppe 1* -> *Allgemein* eingestellt werden. Im geöffneten Fenster, unter dem Reiter „Allgemein“ (Abbildung 24), werden die Eck-Parameter der Synchronisation eingestellt. Dazu zählen die Grenzwerte der Spannungen, welche an den Messspulen anliegen dürfen, damit die Siprotec 7VE61 realisiert, ob ein Netz anliegt (Nr. 6105 Schwelle U_1 , U_2 spannungslos 5 V und Nr. 6106 Schwelle U_1 , U_2 spannungsbehaftet 80 V). Dies bedeutet, dass bei einer Spannung zwischen 5 V und 80 V die Siprotec 7VE61 davon ausgeht das kein Netz angeschlossen ist. Spannungen in diesem Bereich können durch Induktion auf nicht angeschlossene Leitungen erzeugt werden. Desweiterm kann das Einschalten bei Unsynchronität eingestellt werden (Nr. 6107 - 6109). Diese Punkte sollten jedoch deaktiviert (Nein) bleiben, da sonst hohe Schaltspannungen entstehen könnten. Unter der Nr. 6112 kann die maximale Dauer des Synchronisiervorgangs bestimmt werden. Zuletzt ist die Einstellung der Drehfeldkontrolle (Nr. 6113) möglich. Dazu gehören drei Auswahlmöglichkeiten: L1 L2 L3 (Rechtsdrehfeld), L1 L3 L2 (Linksdrehfeld) oder Nein.

5.3.3 Einstellungen der Anlagendaten

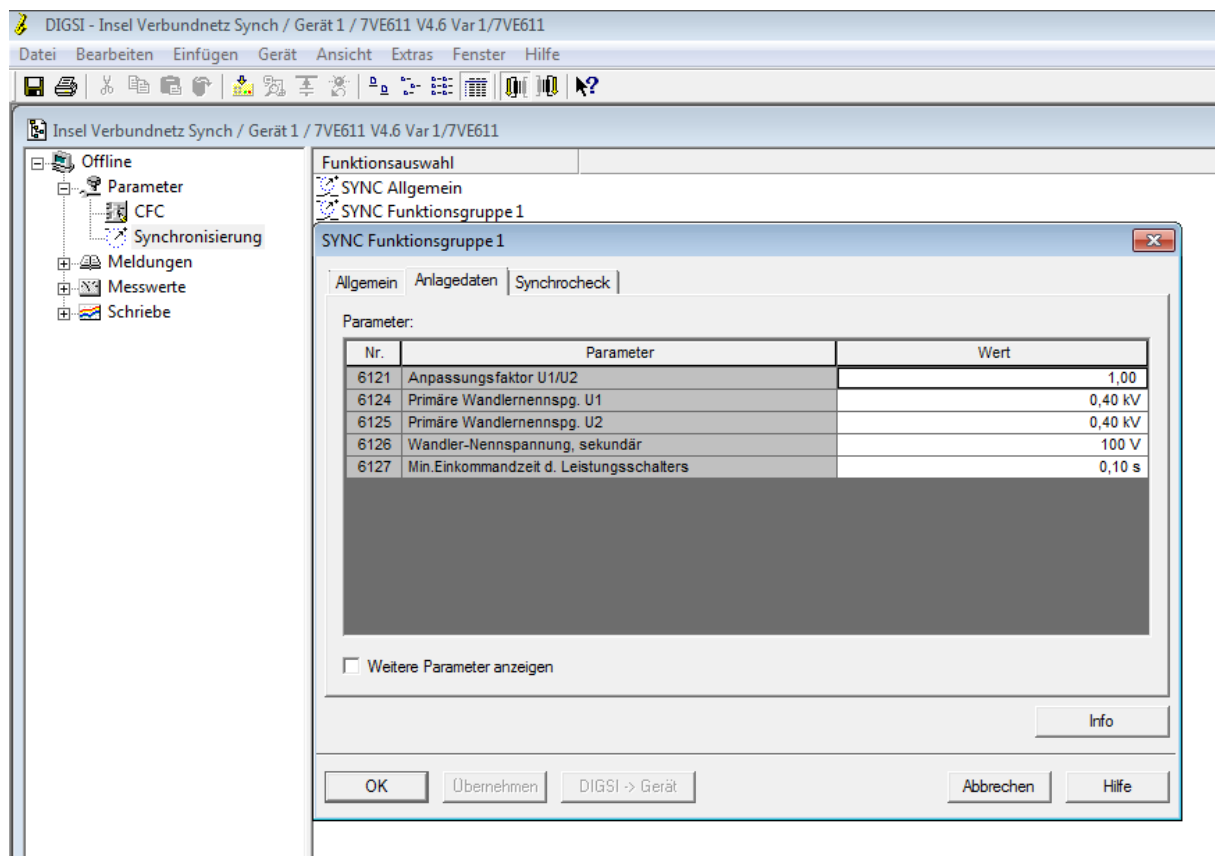


Abbildung 25 : SYNC Funktionsgruppe Anlagendaten

Quelle : [3]

Die vorliegenden Anlagendaten werden der Siprotec 7VE61 über den Pfad:

Parameter -> Synchronisierung -> Doppelklick SYNC Funktionsgruppe 1 -> Anlagendaten mitgeteilt (Abbildung 25). Unter der Nr. 6121 „Anpassungsfaktor U_1 / U_2 “ kann bei unterschiedlichen Spannungswandlern die Spannungsdifferenz entsprechend ausgeglichen werden. Bei Nr. 6124 und Nr. 6125 werden die primären Wandlerleistungen, welche der Spannungen der Netze entspricht, eingestellt. Die „Wandler-Nennspannung sekundär“ ist die Spannung, welche an den Messspulen anliegt und wird in Nr. 6126 eingestellt. Als letztes kann unter diesem Reiter die minimale Einkommandzeit des Leistungsschalters (Nr. 6127) eingestellt werden, jenes entspricht der Einschaltzeit des Leistungsschützes. Die Grundeinstellung liegt bei 0,1 Sekunden (s), kann aber über Ermittlung der Schaltzeit des jeweiligen Leistungsschalters geändert werden.

5.3.4 Synchrocheck Einstellungen

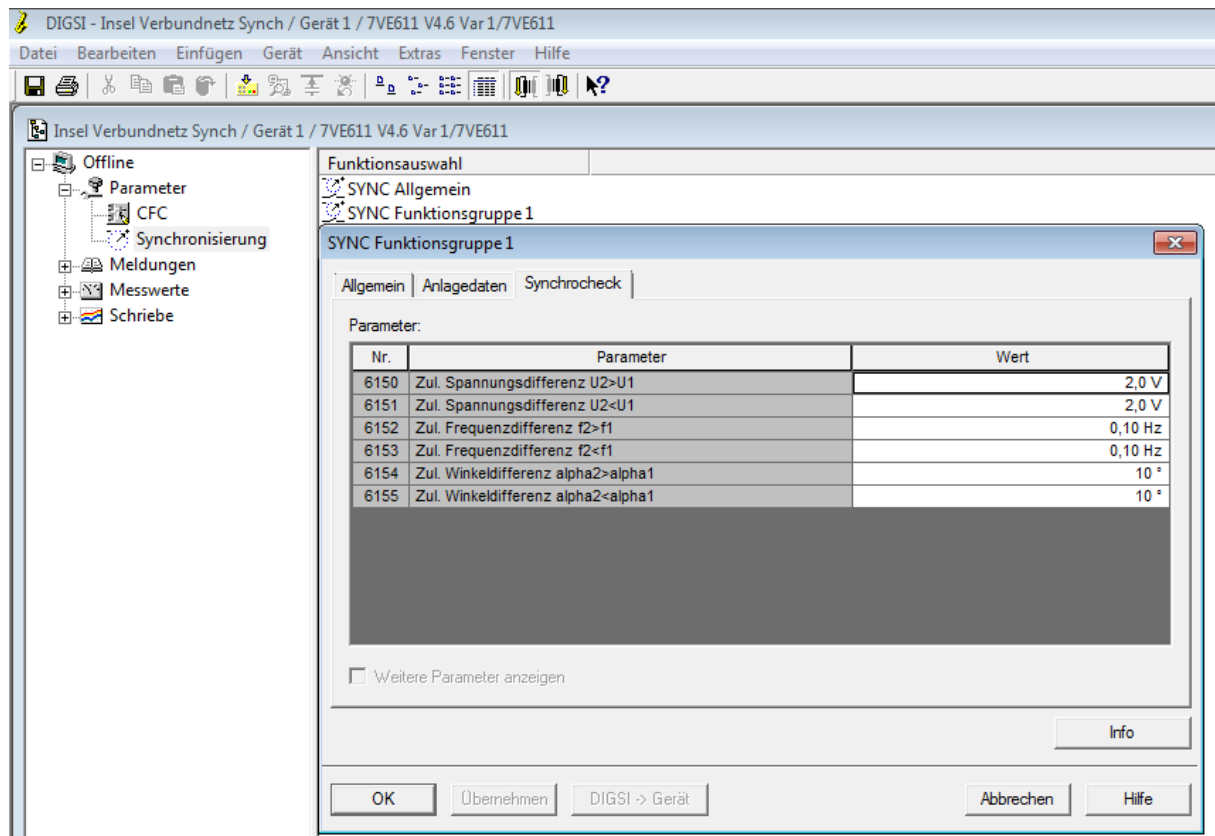


Abbildung 26 : SYNC Funktionsgruppe Synchrocheck

Quelle : [3]

Beim Synchronisieren müssen Toleranzen vorgeben werden, da eine exakte Synchronisierung kaum möglich. Über folgenden Pfad werden die entsprechenden Toleranzen eingestellt: *Parameter -> Synchronisierung -> Doppelklick SYNC Funktionsgruppe 1 -> Synchrocheck*. Bei den einzustellenden Werten handelt es sich um die Spannungsdifferenz, Frequenzdifferenz und Winkeldifferenz (Abbildung 26). Die Spannungsdifferenz kann für die Fälle $U_2 > U_1$ und $U_2 < U_1$ separat eingestellt werden. Es wird empfohlen beide Spannungsdifferenzen auf 2 V einzustellen. Die Frequenzdifferenz hat ebenfalls diese zwei Einstellungen. Hier wird ein Frequenzunterschied von 0,1 Hz empfohlen. Als letztes kommen die Einstellungen zur Winkeldifferenz mit einem empfohlenen Wert von jeweils 10° .

5.4 Einstellen der Rangierung

In dem folgenden Kapitel wird beschrieben wie die binäre Eingänge, binäre Ausgänge und LEDs geschaltet werden können. Unter Rangierung ist die Zuweisung einzelner Befehle zu den jeweiligen Eingängen, Ausgängen oder Signalmeldungen zu verstehen.

DIGSI - Parameter - Rangierung - Insel Verbundnetz Synch / Gerät 1 / 7VE611 V4.6 Var 1/7VE611

File Bearbeiten Einfügen Gerät Ansicht Extras Fenster Hilfe

Nur Meldungen und Befehle Kein Filter

Insel Verbundnetz Synch / Gerät 1 / 7VE611 V4.6 Var 1/7VE611

Offline
Parameter
CFC

Funktionsauswahl
Funktionsumfang
Rangierung

Parameter - Rangierung - Insel Verbundnetz Synch / Gerät 1 / 7VE611 V4.6 Var 1/7VE611

Gerät	Information				Quelle						Ziel																				
	Nr	D	L	T	BE						F	C	BA									LED					Puffer			C	ST
					1	2	3	4	5	6			1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	B		
Anlagendaten 1									*		*															*	*	*	*		
P-Gruppenumsch																															
Störschreibung																															
SYNC Allgemein					*	*						*	*	*	*	*						*	*	*	*	*	*	*	*		
SYNC Funktion 1					*																										
Überwachung																															
Ort/Modus																															
Schaltobjekte																															
Messwerte																															
MinMaxWerte																															
IBS-Messwerte																															
Statistik																															
StatistikGrenz																															
Protokolle																															

Abbildung 27 : Rangierung Allgemeine Übersicht

Quelle : [3]

Gerät	Information				Quelle						Ziel																				
	Nummer	Displaytext	L	Typ	BE						F	C	BA									LED					Puffer			C	ST
					1	2	3	4	5	6			1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	B		
Anlagendaten 1										*		*															*	*	*	*	
P-Gruppenumsch																															
Störschreibung																															
SYNC Allgemein	222.0043.01	>Sync Messanf.		EM																											
	222.2011.01	>Sync Start		EM						H																				KG	
	222.2012.01	>Sync Stop		EM						H																				KG	
	222.2102.01	>Sync Frei blk		EM																										KG	
	222.2013.01	>Sync U1>U2<		EM																										KG	
	222.2014.01	>Sync U1<U2>		EM																										KG	
	222.2015.01	>Sync U1<U2<		EM																										KG	
	222.2103.01	Sync Frei block		AM																										KG	
	222.2302.01	Sync synchron 1		AM																										KG	
	222.2027.01	Sync U1>U2<		AM																										KG	
	222.2028.01	Sync U1<U2>		AM																										KG	
	222.2029.01	Sync U1<U2<		AM																										KG	
	222.2030.01	Sync Udiff ok		AM																										KG	
	222.2031.01	Sync Idiff ok		AM																										KG	
	222.2032.01	Sync Alphadiff ok		AM																										KG	
	222.2033.01	Sync f1>>		AM																										KG	
	222.2034.01	Sync f1<<		AM																										KG	
	222.2035.01	Sync f2>>		AM																										KG	
	222.2036.01	Sync f2<<		AM																										KG	
	222.2037.01	Sync U1>>		AM																										KG	
	222.2038.01	Sync U1<<		AM																										KG	
	222.2039.01	Sync U2>>		AM																										KG	
	222.2040.01	Sync U2<<		AM																										KG	
	222.2090.01	Sync U2>U1		AM																										KG	
	222.2091.01	Sync U2<U1		AM																										KG	
	222.2092.01	Sync f2>f1		AM																										KG	
	222.2093.01	Sync f2<f1		AM																										KG	
	222.2094.01	Sync Alpha2>Alpha1		AM																										KG	
222.2095.01	Sync Alpha2<Alpha1		AM																										KG		
222.2335.01	SyncDRF U1 123		AM																										KG		
222.2336.01	SyncDRF U1 132		AM																										KG		
222.2337.01	SyncDRF U2 123		AM																										KG		
222.2338.01	SyncDRF U2 132		AM																										KG		
222.2340.01	>IBS Probesync.		EM																										KG		
222.2341.01	IBS Sync EIN 1		AM																										KG		
25065	Sync EIN 1-Mel		AM																										KG		
25064	Sync EIN-Mel		AM																										KG		
SYNC Funktion 1	170.0001.01	>Sy1 wirks		EM						H																			KG		
	170.2008.01	>Sy1 block		EM																									KG		
	170.2007.01	Sy1 Steu		EM																									KG		
	170.2300.01	Sync EIN-Frei 1		AM																									KG		
	170.2311.01	Sy1 wirks		AM																									KG		
	170.0050.01	Sy1 Stör.		AM																									KG		
	170.2022.01	Sy1 läuft		AM																									KG		
	170.0051.01	Sy1 block		AM																									KG		
170.2101.01	Sy1 aus		AM																									KG			
170.2312.01	Sy1 ein		AM																										KG		
170.2025.01	Sync Abl. TUEW		AM																										KG		

Abbildung 28 : Rangierung SYNC Allgemein und SYNC Funktion 1

Quelle : [3]

Ein-/Ausgänge werden in der Rangierungsmatrix von DigiSI eingestellt. Um in diese Einstellung zu gelangen wird folgender Pfad genutzt: *Parameter -> Doppelklick Rangierung*.

Wurde dieser Pfad ausgewählt erscheint die Matrix-Übersicht (Abbildung 27). In dieser Übersicht ist auf einem Blick zu erkennen in welcher Funktion (ganz links) Quellen oder Ziele verwendet werden. Diese werden durch ein Sternchen (*) markiert dargestellt. Durch einen Doppelklick mit der linken Maustaste auf eine Funktion öffnet sich der Reiter und die einzelnen Funktionen werden dargestellt (Abbildung 28). In der ausgeklappten Funktion von „SYNC Allgemein“ ist zu sehen, wie bei der Quelle der binären Eingänge (BE) der erste Eingang zum Sync Start und der zweite Eingang zum Sync Stopp genutzt wird. Das „H“ bedeutet in diesem Fall, dass ein aktives Spannungssignal anliegen muss. Bei den binären Ausgängen (BA) können die spannungsfreien Relaiskontakte geschaltet werden. Das gesetzte „U“ bedeutet, dass ein Impuls an die Ausgänge ausgegeben wird. Das Signal wird gehalten, wenn stattdessen ein „G“ eingesetzt wird. Dieselben Bezeichnungen „U“ und „G“ gelten auch für die LED Ansteuerung. Fehlerfälle sollten bei der LED Ansteuerung mit „G“ gesetzt werden, damit eine spätere Kontrolle auf einen Blick am Gerät möglich ist. Somit muss ein aufgetretener Fehler, auch nach dessen Behebung, durch Betätigen der „LED“-Taste quittiert werden.

5.5 Betriebsstörmeldungen

5.5.1 Generalabfrage

Nummer	Meldung	Wert	Datum und Zeit	Verursacher	Ursache	Status	Zus.ursache
	Entriegelung der MM-Sperre über BE	KOMMEND	11.09.2018 08:20:49.208		GA		
	Schaltmodus Fern	VERRIEGELT	11.09.2018 08:20:46.776		GA		
	Schaltmodus Ort	VERRIEGELT	11.09.2018 08:20:46.775		GA		
	Schallhöhe	FERN	11.09.2018 08:20:46.774		GA		
	Parametergruppe A ist aktiv	EIN	11.09.2018 08:20:48.031		GA		
00051	Gerät bereit ("Live-Kontakt")	KOMMEND	11.09.2018 08:20:47.136		GA		
00052	Mindestens eine Schutzfkt. ist wirksam	KOMMEND	11.09.2018 08:20:47.137		GA		
00055	Anlauf	KOMMEND	11.09.2018 08:20:47.139		GA		
00067	Wiederanlauf	KOMMEND	11.09.2018 08:20:47.430		GA		
00072	Level-2-Parameter geändert	KOMMEND	11.09.2018 08:20:46.142		GA		
170.0001.01	>Sync-fktgr. 1 wirksam schalten	KOMMEND	11.09.2018 08:20:49.518		GA		
170.2311.01	Sync-fktgr. 1 ist wirksam	KOMMEND	11.09.2018 08:20:50.096		GA		
170.2312.01	Sync-fktgr. 1 ist eingeschaltet	KOMMEND	11.09.2018 08:20:52.451		GA		

Abbildung 29 : Generalabfrage

Quelle : [3]

Bei jedem Neustart der Siprotec 7VE61 wird die Generalabfrage neu angelegt (Abbildung 29). Der folgende Pfad kann nur im Onlinebetrieb genutzt werden:

Meldungen -> Generalabfrage -> Doppelklick auf den jeweiligen Zeitstempel.

In der generierten Generalabfrage ist der Status der Siprotec 7VE61 auf einem Blick erkennbar. Zu diesen Punkten gehört, welche Funktionsgruppe eingeschaltet ist und ob Schutzfunktion aktiv sind.

4.5.2 Betriebsmeldungen

Nummer	Meldung	Wert	Datum und Zeit	Verursacher	Ursache
00055	Anlauf	KOMMEND	11.09.2018 08:16:28.275	VQ = Auto Gerät	SPN
00067	Wiederanlauf	KOMMEND	11.09.2018 08:16:28.275	VQ = Auto Gerät	SPN
170.0001.01	>Sync-fktr. 1 wirksam schalten	KOMMEND	11.09.2018 08:16:28.294		SPN
00051	Gerät bereit ("Live-Kontakt")	KOMMEND	11.09.2018 08:16:28.314	VQ = Auto Gerät	SPN
170.2312.01	Sync-fktr. 1 ist eingeschaltet	KOMMEND	11.09.2018 08:16:28.423	VQ = Auto Gerät	SPN
00052	Mindestens eine Schutzfkt. ist wirksam	GEHEND	11.09.2018 08:16:28.423	VQ = Auto Gerät	SPN
170.2311.01	Sync-fktr. 1 ist wirksam	KOMMEND	11.09.2018 08:16:28.423	VQ = Auto Gerät	SPN
00052	Mindestens eine Schutzfkt. ist wirksam	KOMMEND	11.09.2018 08:16:28.423	VQ = Auto Gerät	SPN
00068	Störung Uhr	GEHEND	11.09.2018 08:16:31.000	VQ = Auto Gerät	SPN

Abbildung 30 : Betriebsmeldungen

Quelle : [3]

In den generierten Betriebsmeldungen (Abbildung 30) ist der Status der Siprotec abzulesen. Der Pfad lautet *Messwerte -> Betriebsmeldung -> Doppelklick auf den jeweiligen Zeitstempel.*

In diesem Fenster werden Fehlermeldungen angezeigt, diese können z.B. lauten:

- Sync.fkt: Fehler Drehfeld U1 (Falsch anliegendes Drehfeld an U1. Die Phasen müssen getauscht werden.)
- Netzstörung (Erklärung siehe Kapitel 4.5.3 Störfallmeldung.)

4.5.3 Störfallmeldungen

Nummer	Meldung	Wert	Datum und Zeit	Verursacher
00301	Netzstörung	187 - KOMME...	11.09.2018 08:24:21.531	
00302	Störfall	187 - KOMME...	11.09.2018 08:24:21.531	
170.2022.01	Sync-fktr. 1 die Messfunktion läuft	KOMMEND	0 ms	
222.2030.01	Sync-fkt: Spannungsdiff. (Udiff) okay	KOMMEND	0 ms	
222.2031.01	Sync-fkt: Frequenzdiff. (fdiff) okay	KOMMEND	0 ms	
222.2032.01	Sync-fkt: Winkeldiff. (alphadiff) okay	KOMMEND	0 ms	
222.2302.01	Sync-fkt: Synchronbedingungen 1 erfüllt	KOMMEND	0 ms	
170.2300.01	Sync-fkt: EIN-Schaltfreigabe 1	KOMMEND	0 ms	
25007	Spannung U1 bei Einschaltung	97,4 V	1 ms	
25008	Frequenz f1 bei Einschaltung	50,01 Hz	1 ms	
25009	Spannung U2 bei Einschaltung	97,3 V	1 ms	
25010	Frequenz f2 bei Einschaltung	50,01 Hz	1 ms	
25011	Spannungsdifferenz bei Einschaltung	-0,1 V	1 ms	
25012	Frequenzdifferenz bei Einschaltung	0,0 Hz	1 ms	
25013	Winkeldifferenz bei Einschaltung	0,0 °	1 ms	
222.2030.01	Sync-fkt: Spannungsdiff. (Udiff) okay	GEHEND	100 ms	
222.2031.01	Sync-fkt: Frequenzdiff. (fdiff) okay	GEHEND	100 ms	
222.2032.01	Sync-fkt: Winkeldiff. (alphadiff) okay	GEHEND	100 ms	
222.2302.01	Sync-fkt: Synchronbedingungen 1 erfüllt	GEHEND	100 ms	
170.2300.01	Sync-fkt: EIN-Schaltfreigabe 1	GEHEND	100 ms	
170.2022.01	Sync-fktr. 1 die Messfunktion läuft	GEHEND	100 ms	
00301	Netzstörung	187 - GEHEND	11.09.2018 08:24:21.632	

Abbildung 31 : Störfallmeldungen

Quelle : [3]

Eine Störfallmeldung (Abbildung 31) ist wie folgt aufgebaut. Zuerst wird der Befehl „Netzstörung“ von der Siprotec 7VE61 bei jedem Synchronisationsversuch erzeugt. Dies dient

dazu, dass der Störschreiber mit der Aufzeichnung beginnt. Die Daten können nach dem Versuch der Synchronisation im Zeichenprogramm Sigr (siehe Kapitel 5.7) dargestellt werden. Diese Netzstörung hat, ebenso wie der Störfall den Wert „Kommend“. Danach prüft die Siprotec, welche Funktionsgruppe aktiviert ist. In Abbildung 31 ist die Funktionsgruppe 1 ausgewählt. Als nächstes werden die Differenzmesswerte abgearbeitet, ob diese im Toleranzbereich liegen. Befinden sich die Werte im Toleranzbereich wird für jede Messung die Meldung „okay“ gesendet. Sind alle Differenzwerte in Ordnung wird die Synchronisation freigegeben. Die anliegenden Spannungen, Frequenzen und Winkeldifferenzen werden durchgehend aufgezeichnet. Zuletzt wird die Netzstörung mit einem „Gehend“-Signal beendet um den mitlaufenden Störschreiber abzuschalten.

5.6 Messwerte

5.6.1 Synchronisierungsmesswerte Primär-Seite

The screenshot shows the DIGSI software interface. The title bar reads "DIGSI - Synchronisierungsmesswerte 1, primär - 11.09.2018 - Insel Verbundnetz Synch /". The menu bar includes "Datei", "Bearbeiten", "Einfügen", "Gerät", "Ansicht", "Extras", "Fenster", and "Hilfe". The toolbar contains various icons for file operations and device management. The tree view on the left shows the following structure:

- Online
 - Parameter
 - Steuerung
 - Meldungen
 - Betriebsmeldungen
 - Störfallmeldungen
 - Generalabfrage
 - Spontane Meldungen
 - Statistik
 - Messwerte
 - Primär
 - Synchronisierungsmesswerte primär
 - Synchronisierungsmesswerte 1, primär

The right pane shows the date and time: "Datum und Zeit" with the value "11.09.2018 10:20:49.974".

The bottom pane displays a table with the following data:

Nummer	Messwert	Wert
170.2050.01	U1	385 V
170.2051.01	f1	49,99 Hz
170.2052.01	U2	385 V
170.2053.01	f2	49,99 Hz
170.2054.01	dU	-0 V
170.2055.01	df	0,00 Hz
170.2056.01	dalpha	0,0 °

Abbildung 32 : Synchronisierungsmesswerte Primär-Seite

Quelle : [3]

Bei den primären Messwerten wird die Spannung vor dem Spannungsteiler angegeben. Dies geschieht über eine Umrechnung durch die Anlagendaten (siehe Kapitel 5.3.3.). Um diese Werte anzuzeigen muss folgender Pfad genutzt werden: *Messwerte -> Primär -> Synchronisierungsmesswerte primär> Synchronisierungsmesswerte 1, primär -> Doppelklick auf den jeweiligen Zeitstempel.*

5.6.2 Betriebsmesswerte Sekundär-Seite

Nummer	Messwert	Wert
05594	Messwert Ua	95,8 V
05595	Messwert Ub	96,1 V
05596	Messwert Uc	104,3 V
05597	Messwert Ud	95,7 V
05598	Messwert Ue	96,1 V
05599	Messwert Uf	104,4 V
25001	Messwert fa (Frequenz)	49,99 Hz
25002	Messwert fb (Frequenz)	49,99 Hz
25003	Messwert fc (Frequenz)	49,99 Hz
25004	Messwert fd (Frequenz)	49,99 Hz
25005	Messwert fe (Frequenz)	49,99 Hz
25006	Messwert ff (Frequenz)	49,99 Hz

Abbildung 33 : Betriebsmesswerte Sekundär-Seite

Quelle : [3]

Im Fenster „Betriebsmesswerten sekundär“ (Abbildung 33) ist es möglich die Messwerte der Messspulen abzulesen. Diese Messwerte werden alle 5 Sekunden aktualisiert. Zum Fenster der Betriebsmesswerte wird folgender Pfad genutzt: *Messwerte -> Sekundär -> Betriebsmesswerte sekundär -> Doppelklick auf den jeweiligen Zeitstempel.*

5.6.3 Synchronisierungsmesswerte Sekundär-Seite

The screenshot shows the DIGSI software interface. The title bar reads "DIGSI - Synchronisierungsmesswerte 1, sekundär - 11.09.2018 - Insel Verbundnetz Synch". The menu bar includes "Datei", "Bearbeiten", "Einfügen", "Gerät", "Ansicht", "Extras", "Fenster", and "Hilfe". The toolbar contains various icons for file operations and device management. The tree view on the left shows the following structure:

- Online
 - Parameter
 - Steuerung
 - Meldungen
 - Betriebsmeldungen
 - Störfallmeldungen
 - Generalabfrage
 - Spontane Meldungen
 - Statistik
 - Messwerte
 - Primär
 - Sekundär
 - Betriebsmesswerte sekundär
 - Synchronisierungsmesswerte sekundär
 - Synchronisierungsmesswerte 1, sekundär

The right pane shows the date and time: "Datum und Zeit" with a timestamp of "11.09.2018 13:44:58.302".

The bottom pane displays a table of synchronization measurement values:

Nummer	Messwert	Wert
170.2050.01	U1	96,3 V
170.2051.01	f1	49,99 Hz
170.2052.01	U2	96,2 V
170.2053.01	f2	49,99 Hz
170.2054.01	dU	-0,1 V
170.2055.01	df	0,00 Hz
170.2056.01	dalpha	0,0 °

Abbildung 34 : Synchronisierungsmesswerte 1, Sekundär-Seite

Quelle : [3]

Die angezeigte Spannung auf dem Display der Siprotec 7VE61 ist beim Programm Digi V 4.92 im Fenster Synchronisierungsmesswerte 1, sekundär zu finden (Abbildung 34). Zu diesem Fenster führt folgender Pfad: *Messwerte -> Sekundär -> Synchronisierungsmesswerte sekundär -> Synchronisierungsmesswerte 1, sekundär -> Doppelklick auf den jeweiligen Zeitstempel*. Die angezeigten Messwerte entsprechen den Messwerten die für die Synchronisation relevant sind. Die Differenzwerte dU, df und dalpha müssen im vorgegebenen Toleranzbereich liegen für eine erfolgreiche Synchronisation (siehe Kapitel 5.3.4).

5.6.4 Minimal- und Maximalwerte bei der Synchronisation

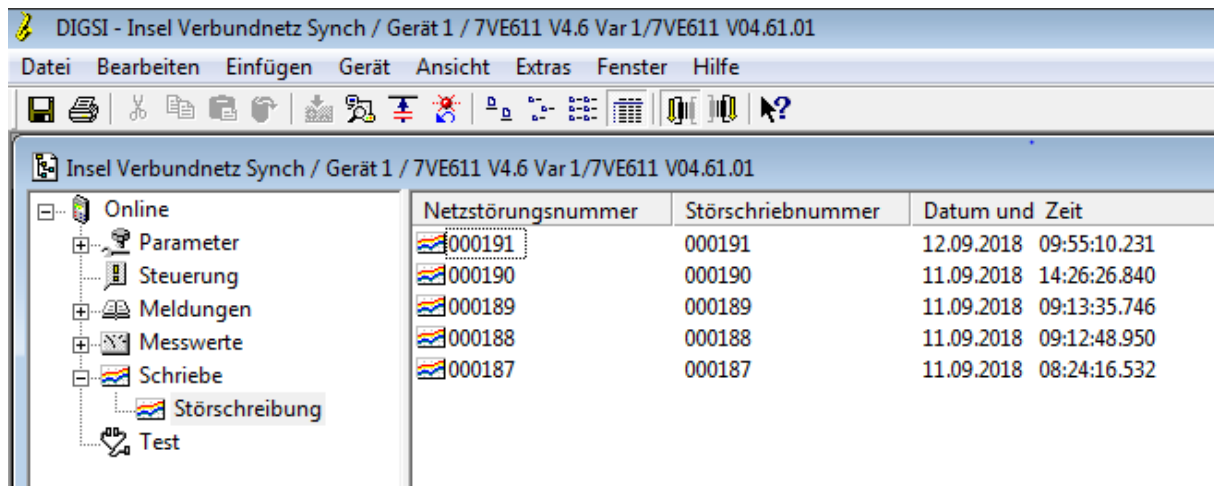
Nummer	Messwert	Wert	Datum und Zeit
00874	Min. der Spannung U1	97,7 V	23.08.2018 10:35:24.992
00875	Max. der Spannung U1	98,3 V	23.08.2018 10:21:12.267
25016	Min. der Frequenz f1	49,96 Hz	23.08.2018 10:34:01.934
25017	Max. der Frequenz f1	50,06 Hz	23.08.2018 11:01:15.387
25014	Min. der Spannung U2	97,7 V	23.08.2018 10:38:46.829
25015	Max. der Spannung U2	98,3 V	23.08.2018 10:14:41.393
25018	Min. der Frequenz f2	49,96 Hz	23.08.2018 10:33:51.455
25019	Max. der Frequenz f2	50,06 Hz	23.08.2018 11:01:15.547
25020	Min. der Spannungsdifferenz dU	0,0 V	23.08.2018 10:07:03.299
25021	Max. der Spannungsdifferenz dU	0,5 V	23.08.2018 10:11:34.277
25022	Min. der Frequenzdifferenz df	0,00 Hz	23.08.2018 10:07:03.299
25023	Max. der Frequenzdifferenz df	0,00 Hz	23.08.2018 10:07:03.299
25024	Min. der Winkeldifferenz dalpha	0,0 °	23.08.2018 10:07:03.299
25025	Max. der Winkeldifferenz dalpha	0,1 °	23.08.2018 10:11:34.857

Abbildung 35 : Minimal- und Maximalwerte bei der Synchronisation

Quelle : [3]

Wie in der Abbildung 35 gezeigt wird, ist in diesem Fenster die Anzeige der Min- und Maxwerte dargestellt. Bei diesen Werten handelt es sich um die Minimalen und Maximalen Werte die im Laufe der Synchronisation aufgetreten sind. Diese Werte werden bei jedem neuen Synchronisationsmessverfahren der Siprotec 7VE61 mit einem neuen Zeitstempel angelegt. Dadurch kann rückwirkend auf Schwankungen während der Synchronisation eingegangen werden. Der Pfad lautet: *Messwerte -> Min- und Maxwerte -> Doppelklick auf den jeweiligen Zeitstempel.*

5.7 Störschreibung im Programm Digsy und Zeichenprogramm SIGRA V 4.59



Netzstörungsnummer	Störschriebnummer	Datum und Zeit
000191	000191	12.09.2018 09:55:10.231
000190	000190	11.09.2018 14:26:26.840
000189	000189	11.09.2018 09:13:35.746
000188	000188	11.09.2018 09:12:48.950
000187	000187	11.09.2018 08:24:16.532

Abbildung 36 : Störschreibung im Programm Digsy und Zeichenprogramm SIGRA V 4.59

Quelle : [3]

Das Programm Digsy verfügt über ein externes Zeichenprogramm namens Siga V 4.59. Damit Siga V 4.59 eine Aufzeichnung graphisch darstellen kann, wird eine Störschreibung für jede Synchronisation angelegt (siehe Kapitel 4.5.3 Störfallmeldung). Die jeweiligen Störschreibungen können über den Pfad:

Schriebe -> Störschreibung -> Doppelklick auf den jeweiligen Zeitstempel geöffnet werden (Abbildung 36). Nach Auswahl der entsprechenden Zeitstempel öffnet sich das Programm Siga V 4.59. Das Zeichen Programm Siga V 4.59 benötigt eins der folgenden Betriebssysteme:

- Microsoft Windows 10 Professional 32- and 64-bit
- Microsoft Windows 10 Enterprise 32- and 64-bit
- Microsoft Windows 8.1 Enterprise 32- und 64-Bit
- Microsoft Windows 7 Ultimate/Enterprise und Professional 32- und 64-Bit mit Service Pack 1
- Microsoft Windows Server 2008 R2 64-Bit, verwendet als Arbeitsplatzrechner
- VMware-Unterstützung für virtuelle Maschinen

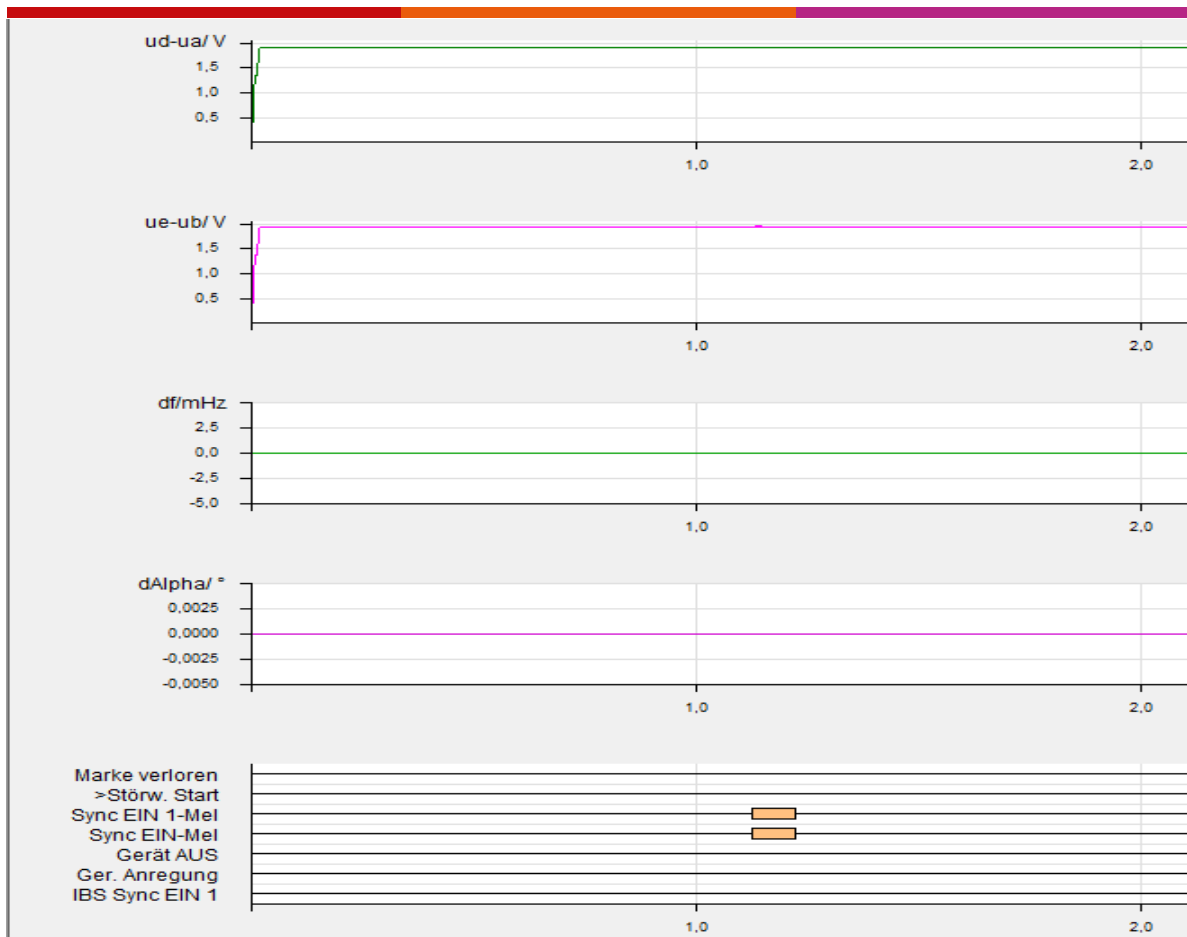


Abbildung 37 : Ausschnitt Sigra V 4.59

Quelle : [4]

Im Ausschnitt des Programmes Sigra V 4.59 (Abbildung 37) sind die Differenzwerte der Spannungen, Frequenzen und Phasenwinkel zu sehen. Die untere Auflistung zeigt, wann der EIN-Befehl zur Synchronisation erfolgte. In Sigra V 4.59 sind andere Darstellungen möglich, wie z.B. ein Zeigerbild aller Spannungen. Die Anzeige kann tabellarisch über *Ansicht -> Tabelle* angezeigt werden. In dieser Tabellenanzeige sind die zweite, dritte und fünfte Oberschwingung zusätzlich aufgeführt.

5.8 Ausgabe von Messwerten der Siprotec 7VE61

Die Siprotec 7VE61 bietet keine Funktion um die Messwerte, die während der Synchronisation aufgezeichnet werden, extern (z.B. Excel) auszugeben. Es gibt zwei Möglichkeiten die Messwerte während der Synchronisation anzeigen zu lassen. Erstens im Display der Siprotec 7VE61 oder zweitens durch einen Computer der mit der seriellen Schnittstelle an der Front des Geräts verbunden ist und auf diesem die Software Digsig V 4.92 installiert ist.

6 Praxisversuch

6.1 Praxisversuch Aufbau und Beschreibung

In diesem Praxisversuch wird ein Synchrongenerator der Firma Siemens vom Typ 1FA3 144 mit Hilfe der Siprotec 7VE61 an das Verbundnetz zugeschaltet. Der Synchrongenerator wird durch eine Gleichstrommaschine angetrieben und diese wiederum von einem Gleichstromgenerator. Dieser Gleichstromgenerator wird von einer Asynchronmaschine angetrieben. Die Ansteuerung von Spannung und Frequenz geschieht manuell, dadurch ist ein flexibles Einstellen der Werte im Inselbetrieb gegeben. Die Frequenz kann durch ein Stroboskoplicht grob eingestellt werden. Spannungen und Ströme des Synchrongenerators werden über Zeigermessgeräte angezeigt. In den folgenden Abbildungen steht in der Überschrift Asynchronmaschine, weil der Synchrongenerator auf dem Port der Asynchronmaschine angeschlossen war. Die Messoberfläche wurde im Programm LabVIEW vom Herrn Mustu [5] entworfen. Die Verdrahtung zu der Messeinrichtung entstand durch Herrn Haddadi [6].

6.2 Verbinden eines Synchrongenerator 1FA3 144 mit dem Verbundnetz

Beim Versuch den Synchrongenerator mit dem Verbundnetz zu verbinden, wird erst der Synchrongenerator im Leerlauf betrieben. In diesem Leerlauf wird manuell die Drehzahl verändert um grob die Frequenz an das Stroboskoplicht angepasst. Danach wurde die Spannung an das Spannungslevel des Verbundnetzes, über ablesen der Messgeräte, angepasst. Nach Anpassung der Frequenz und Spannung in den Toleranzbereich der Synchronisation musste auf die gleiche Lage der Phasen gewartet werden. Die nächsten drei Abbildungen zeigen das Zuschalten vom Synchrongenerator mit dem Verbundnetz. Die Verbindung findet ungefähr bei 147 s nach Beginn der Aufzeichnung statt. Im Spannungsverlauf ist zu erkennen, wie die Leerlaufspannung des Synchrongenerators sich an die Spannung des Verbundnetzes anpasst (Abbildung 38). In Abbildung 39 wird der Frequenzverlauf dargestellt. Ab 125 s sinkt die Frequenz von 49,96 Hz auf 49,9 Hz. Dies liegt an der manuellen Änderung der Synchrongeneratorfrequenz zur Anpassung des Phasenwinkels. Danach steigt die Frequenz von 49,9 Hz auf 50 Hz an. Zu dem Zeitpunkt der Synchronisierung ist bei der Frequenz ein Peak zu erkennen. Dieser Peak ist wahrscheinlich eine Fehlfunktion des verwendeten Messalgorithmus. Die Ströme sind in Abbildung 40 abzulesen. Zu dem Zeitpunkt der Synchronisierung entstehen hohe Einschaltströme beim Ausgleich der zwei Netze.

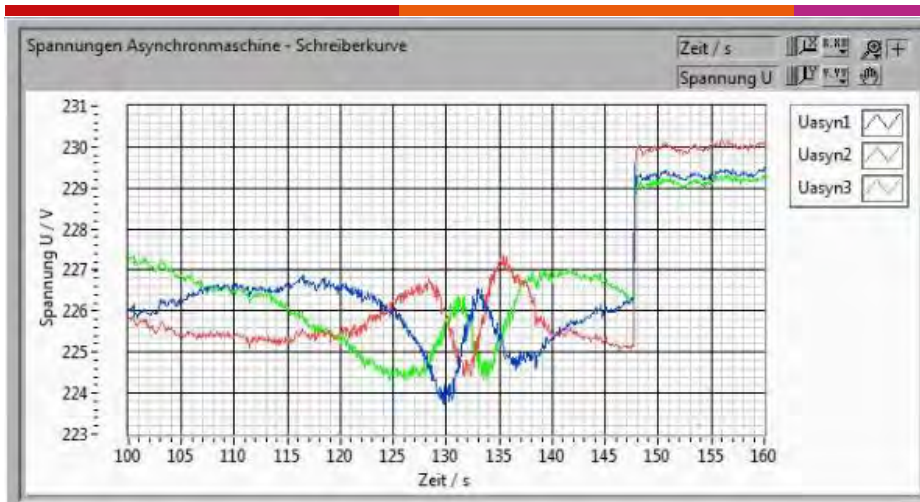


Abbildung 38 : Spannungsverlauf beim Zuschalten des Synchrongenerators

Quelle : Eigene Darstellung

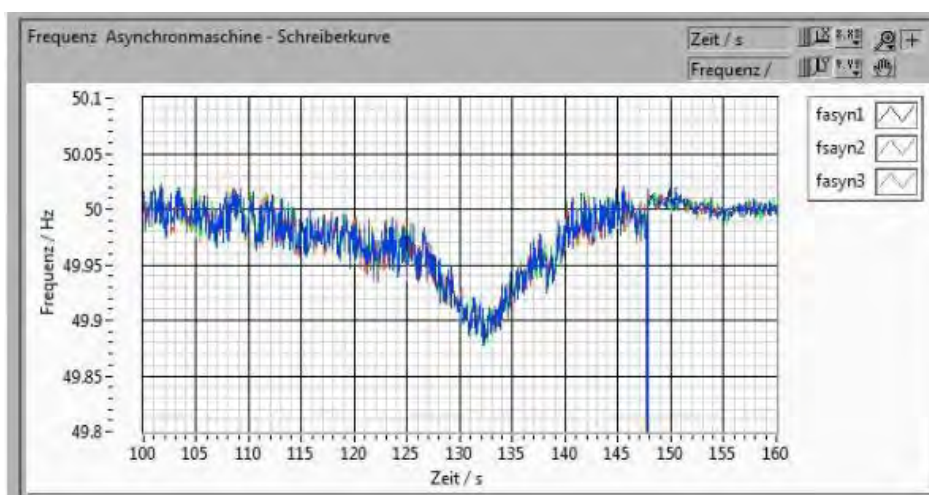


Abbildung 39 : Frequenzverlauf beim Zuschalten des Synchrongenerators

Quelle : Eigene Darstellung

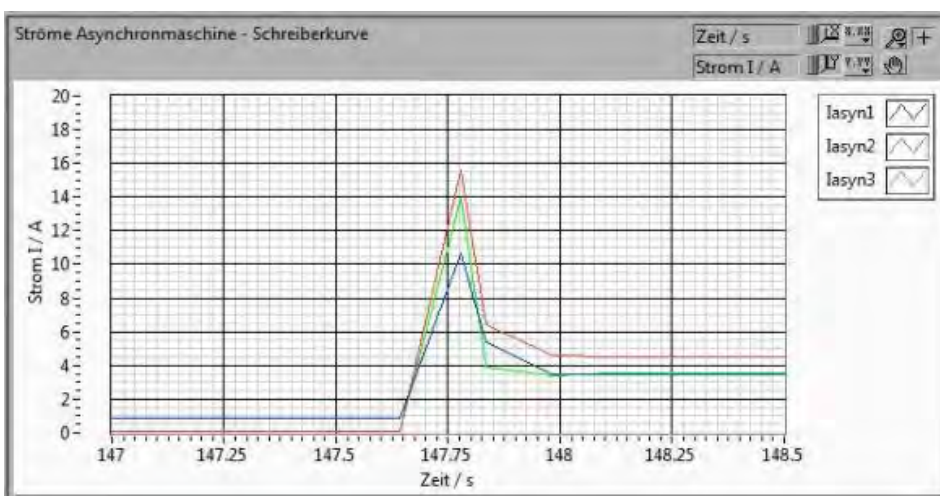


Abbildung 40 : Detaillierter Stromverlauf beim Zuschalten des Synchrongenerators

Quelle : Eigene Darstellung

6.3 Trennung eines Synchrongenerators 1FA3 144 vom Verbundnetz

Um den Synchrongenerator 1FA3 144 von der Firma Siemens wieder im Leerlauf zu betreiben, muss dieser vom Verbundnetz getrennt werden. Diese Trennung geschieht durch betätigen des roten Knopfes an der Frontplatte des Gehäuses in dem die Siprotec 7VE61 eingebaut ist. Durch das betätigen dieses Knopfes wird die Selbsthaltung vom Schütz K2-45A00-40 getrennt. Die Spule vom Schütz K2-45A00-40 fällt ab und der Synchrongenerator wird vom Verbundnetz getrennt. Der Synchrongenerator befindet sich anschließend im Leerlauf. In Abbildung 41 ist der Spannungsverlauf zu sehen der bei dieser Trennung stattfindet. Bei 5 s wird der Synchrongenerator vom Verbundnetz getrennt. Dies führt zum sinken der Leiterspannungen vom Niveau des Verbundnetzes zur selbst erzeugten Leerlaufspannung. In Abbildung 42 wird der Frequenzverlauf angezeigt diese liegt vor dem Trennen bei 5 s nahe 50 Hz. Danach steigt die Frequenz an und wird wieder von dem Synchrongenerator bestimmt. Die Wellenbewegung, die nach der Trennung zu sehen ist, entsteht durch die parallel angeschlossene Dunkelschaltung. Vor der Trennung sind die Ströme höher, da der Synchrongenerator Leistung ins Verbundnetz abgibt (Abbildung 43). Nach der Trennung sind die Ströme hingegen kleiner, da der Synchrongenerator sich im Leerlauf befindet. und nur noch die Leuchtmittel der Dunkelschaltung versorgt.

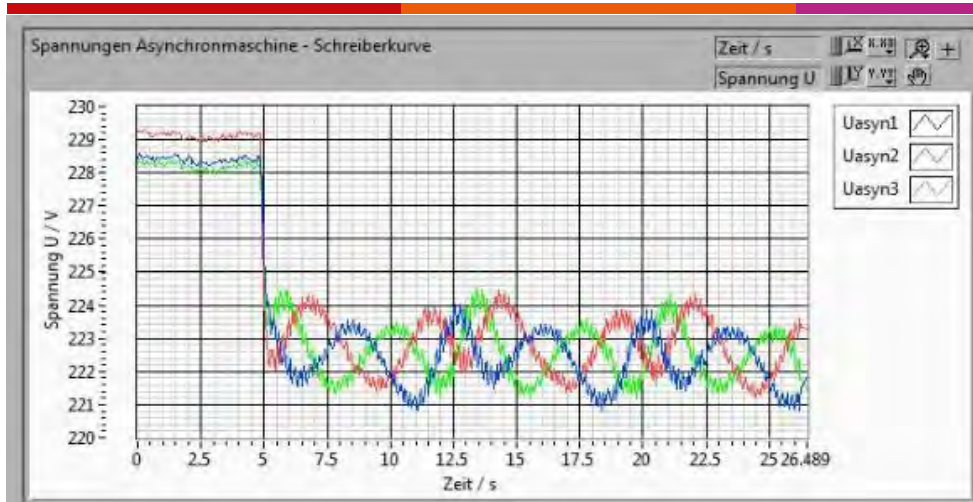


Abbildung 41 : Spannungsverlauf beim Trennen des Synchrongenerators

Quelle : Eigene Darstellung

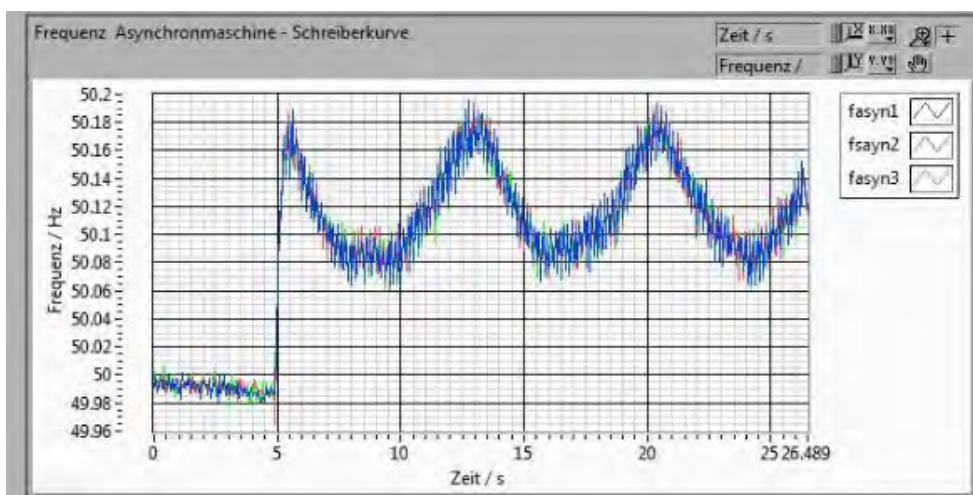


Abbildung 42 : Frequenzverlauf beim Trennen des Synchrongenerators

Quelle : Eigene Darstellung

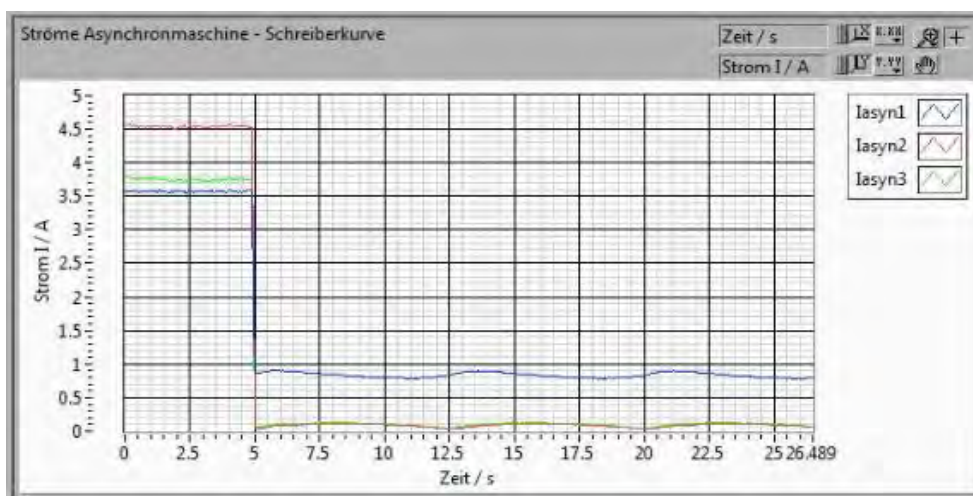


Abbildung 43 : Stromverlauf beim Trennen des Synchrongenerators

Quelle : Eigene Darstellung

7 Zusammenfassung des Projektes

Die Aufgabe dieses Projektes war die Herstellung eines kompakten Gehäuses für die Siprotec 7VE61, in dem alle Bauteile untergebracht werden können sowie die erfolgreiche Synchronisation eines Synchrongenerator 1FA3 144 mit dem Verbundnetz. Zusätzlich sollten zwei Montagemöglichkeiten für ein Schienensystem vorne über eine Metallplatte und hinten über eine Holzplatte realisiert werden. Des Weiteren wurden passende Hardwareteile zur Durchführung zur Synchronisierung bestellt. Diese Bauteile wurden in das Gehäuse eingebaut und mit der Siprotec 7VE61 verbunden. Zum Anschluss der Messspulen wurde ein Spannungsteiler entworfen, bestückt und angeschlossen. Die Siprotec 7VE61 wurde mit dem Programm Digi V 4.92 auf die Aufgabe der Synchronisation durch die serielle Schnittstelle RS 232 an der Front mit einem Computer programmiert. Im anschließenden Praxisversuch wurde die Siprotec 7VE61 auf ihre Anforderungen des Synchronisierten zuschalten getestet und hat diesen Test bestanden.

8. Zukunftsaussicht

Die Siprotec 7VE61 kann mehr als nur im entsprechenden Bereich der Parameter den Synchrongenerator zuschalten. Sie kann auch am Synchrongeneratoren selbständig die Spannung und Frequenz regeln. Dies wurde in diesem Praxisversuch nicht beachtet, da Vorfür- und Lerneffekten die manuelle Veränderung bevorzugt werden. Diese Regelung müsste durch einen Computer mit dem Programm Digi V 4.92 noch zusätzlich, nach Verbindung über die serielle Schnittstelle RS 232, programmiert werden. Des Weiteren müssen die entsprechenden Binärausgänge mit dem Synchrongenerator verbunden werden. Möglicherweise müssen auch Belüftungsschlitze in die Gehäuserückwand hinzugefügt werden, falls eine zu starke Hitzeentwicklung im Gehäuse entsteht. Die Hitzeentwicklung könnte durch einen Langzeittest beobachtet werden.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 : Zwei verschiedene Niederspannungsnetze	2
Abbildung 2 : Gesamter Klemmplan	3
Abbildung 3 : Fertige Frontplatte.....	4
Abbildung 4 : Kaltgerätebuchse und Hauptschalter.....	4
Abbildung 5 : Spannungsteiler 230 V auf 57 V	6
Abbildung 6 : Gefertigte Platine	6
Abbildung 7 : Eingebautes Leistungsschütz K2-45A00-40	8
Abbildung 8 : Gesamtansicht vom Gehäuse	9
Abbildung 9 : Frontplatte des Gehäuses	10
Abbildung 10 : Detailansicht A von der Frontplatte des Gehäuses.....	10
Abbildung 11 : Gehäusewand auf der linken Seite	11
Abbildung 12 : Hintere Gehäusewand	12
Abbildung 13 : Obere und untere Gehäusewand	13
Abbildung 14 : Gehäusewand auf der rechten Seite	14
Abbildung 15 : Platinen montiert, Gehäusewand rechts	14
Abbildung 16 : Innenleben Buchsen und Hutschiene	15
Abbildung 17 : Innenleben Leistungsschütz, Taster und Spannungsteiler.....	16
Abbildung 18 : Innenleben Rückseite Siprotec 7VE61.....	17
Abbildung 19 : Display-Anzeige der anliegenden Spannung	18
Abbildung 20 : LED Anzeige und Auswahlkosten	19
Abbildung 21 : Serielle Schnittstelle, Funktionstasten und Nummernblock	20
Abbildung 22 : Digsy Manager.....	23
Abbildung 23 : Funktionsumfang	24
Abbildung 24 : SYNC Funktionsgruppe Allgemein	25
Abbildung 25 : SYNC Funktionsgruppe Anlagendaten	26
Abbildung 26 : SYNC Funktionsgruppe Synchrocheck	27
Abbildung 27 : Rangierung Allgemeine Übersicht	28
Abbildung 28 : Rangierung SYNC Allgemein und SYNC Funktion 1.....	28
Abbildung 29 : Generalabfrage	29
Abbildung 30 : Betriebsmeldungen.....	30
Abbildung 31 : Störfallmeldungen	30
Abbildung 32 : Synchronisierungsmesswerte Primär-Seite.....	31
Abbildung 33 : Betriebsmesswerte Sekundär-Seite	32

Abbildung 34 : Synchronisierungsmesswerte 1, Sekundär-Seite.....	33
Abbildung 35 : Minimal- und Maximalwerte bei der Synchronisation	34
Abbildung 36 : Störschreibung im Programm Digsy und Zeichenprogramm SIGRA V 4.59..	35
Abbildung 37 : Ausschnitt Sibra V 4.59	36
Abbildung 38 : Spannungsverlauf beim Zuschalten des Synchrongenerators.....	38
Abbildung 39 : Frequenzverlauf beim Zuschalten des Synchrongenerators.....	38
Abbildung 40 : Detaillierter Stromverlauf beim Zuschalten des Synchrongenerators	38
Abbildung 41 : Spannungsverlauf beim Trennen des Synchrongenerators	40
Abbildung 42 : Frequenzverlauf beim Trennen des Synchrongenerators	40
Abbildung 43 : Stromverlauf beim Trennen des Synchrongenerators	40

Formelverzeichnis

(1) Ersatzwiderstand.....	7
(2) Belasteter Spannungsteiler.....	7

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 : Display-Anzeige	19
Tabelle 2 : LED Anzeigen	20
Tabelle 3 : Funktionstasten Beschreibung.....	20
Tabelle 4 : Abkürzungen Digsy V 4.92	22

Quellen

- [1] : Littau ,“Micro Grid HW 2-36“, TH Köln, 29.März.2017
- [2] : Anlehnung an eine Schaltplan aus dem Handbuch 7VE6xxx_Manual_A3_V041003_.de
Seite 251, Dokumentversion 4.10.03, Ausgabedatum 10.2007, Siemens AG
- [3] : Digsy V4.92, Ausgabestand: 01.2018, Version des beschriebenen Produkts: V4.92,
Siemens AG
- [4] : Sibra 4.59, Ausgabestand: 01.2018, Version des beschriebenen Produkts: 4.59,
Siemens AG
- [5] : Sertac Mustu, „Software für eine automatische Messdatenerfassung eines
Synchrongenerator-Messstandes“, FH Köln, 15.Oktober 2013
- [6] : Taregh Ain Haddadi, “Hardware für eine automatische Messdatenerfassung eines
Synchrongenerator-Messstandes“ FH Köln, 13. Januar 2014