

Regel - Trenntransformator

Peter Leitner

Wie bei fast jedem Projekt war auch hier ein konkreter Anlass die treibende Kraft, sich mit dem Selbstbau eines Regel - Trenntransformator zu beschäftigen. Die zahlreichen Einsatzmöglichkeiten eines solchen Gerätes sind wohl hinlänglich bekannt.

Etwa 6 Monate Entwicklungs- und Bauzeit nahm dieses Projekt in Anspruch. Anfangs stand die Funktion einer einfachen regelbaren Wechselstromquelle im Vordergrund, aber im Laufe der Entwicklungsarbeit wurden die Ansprüche immer größer. Einige Funktionen und Anzeigemöglichkeiten mussten also noch umgesetzt werden.

Vorangegangenen Projekte hatten alle dieselbe Gehäusegröße, was mich diesbezüglich festgelegt hat. Jetzt ging es darum, möglichst viel Funktionalität im vorhandenen Platz unterzubringen.

In der Entstehungsphase dieses Projektes wurde darauf geachtet, möglichst Standardbauteile zu verwenden um bei Reparaturen und für Nachbauwillige die Beschaffung zu erleichtern. Der analoge Aufbau erleichtert die Fehlersuche und macht die Funktionen des Gerätes verständlicher.

Mit Text und einigen Bildern wird versucht, in diesem Bericht die interessanten Funktionen und die mögliche mechanische Ausführung zu dokumentieren. Es ist nicht Ziel, eine lückenlose Nachbauanleitung zu schreiben, vielmehr soll der Anreiz zum Selbstbau geweckt werden.

Zu Beginn möchte ich mich bei OM Erich OE5EVM, der den Drehtrafo - übrigens das einzige Bauteil, das nicht selber hergestellt werden kann - zur Verfügung gestellt hat, und OM Helmut OE5GPL, von dem wertvolle Tipps zur Elektronischen Umsetzung beigeleitet wurden bedanken.

Folgende technische Daten wurden verwirklicht:

- Eingangsspannung 230 V
- Ausgangsspannung 2 – 285 V
- Ausgangsleistung 529 VA
- Eingänge Kaltgeräteeingänge
- Ausgänge Kaltgeräteeingänge
Steckdose ohne Schutzkontakte
2 BNC Buchsen
- Anzeige 3 1/2 stellig Spannung, Strom, Wirkleistung,
Netzspannung
- Abmessungen 220x120x240 mm (B*H*T ohne vorstehende Teile)
- Gewicht 13.5 Kg

Ein und Ausgänge sind mit Glasschmelzsicherungen ausgestattet.

Bedienung und Funktion

Die Spannungsversorgung wird über ein handelsübliches Netzkabel mit Kaltgeräteeinstecker, wie es beim Computer üblich ist, hergestellt. Nach dem Einschalten steigt der Strom einige Millisekunden stark an. Für ausreichende Absicherung am Geräteeingang ist zu sorgen, auf eine Einschaltverzögerung mittels NTC wurde verzichtet.

Nach ca. 5 Sekunden steht die Anzeige zur Verfügung. Spannung, Strom, Wirkleistung und Netzspannung werden am linken Teil der Frontplatte (*Abb. 1*) angezeigt. Im mittleren Bereich befinden sich oben die Funktionstaste für den Spannungsausgang, 2 BNC Buchsen, um die Kurvenform und die Phasenlage für Spannung und Strom mit einem Oszilloskop überprüfen zu können, und darunter der Einschaltknopf.

Eine doppelte Sicherheitsschaltung verhindert beim Einschalten des Regeltrenntransformators, dass Spannung am Ausgang anliegt - wer hat nicht schon einmal beim Einschalten einer Stromversorgung vergessen, den Verbraucher oder Prüfling abzuklemmen? Damit Spannung am Ausgang zur Verfügung steht, muss die Funktionstaste gedrückt sein und der Drehtransformator auf 0-Stellung gebracht werden. Zwei Griffe an der Frontplatte sorgen für eine leichtere Handhabung.



Abb. 1: Vorderansicht

Auf der Rückseite (Abb. 14) befinden sich 2 Ausgänge: eine Steckdose ohne Schutzleiter und eine Kaltgerätebuchse, um ein Verwechseln mit der Netzbuchse zu verhindern. Die Netzbuchse ist mit einer integrierten Glasschmelzsicherung ausgestattet. Lüftungsöffnungen und 3 temperaturgeregelte Lüfter sorgen für die nötige Kühlung. Auf der linken Gehäusesseite befinden sich 4 Bohrungen über die mit einem Abstimnstift die Anzeigen nachjustiert werden können, ohne das Gerät zu öffnen.

Elektrischer Aufbau

Im Stromlaufplan (Abb. 2) wird die Zusammenschaltung von Trenntransformator, Regeltransformator, Netzteil Lüfterregelung, Sicherheitsschaltung und die Einschaltverzögerung der Anzeigen dargestellt.

Am Netzschalter-Board (Abb. 3) sitzt der Einschaltknopf der Funktionsschalter samt Vorwiderstände der 2 Farben LED die den Betriebszustand des Regeltrenntrafo anzeigen. Das Sicherheitschalter-Board (Abb. 3) ist direkt mit den Anschlüssen des Drehtrafo verschraubt. Ein Mikroschalter wird vom Spannungsabnehmer des Drehtrafo bei 0-Stellung betätigt und gibt über ein Relais den Ausgang frei.

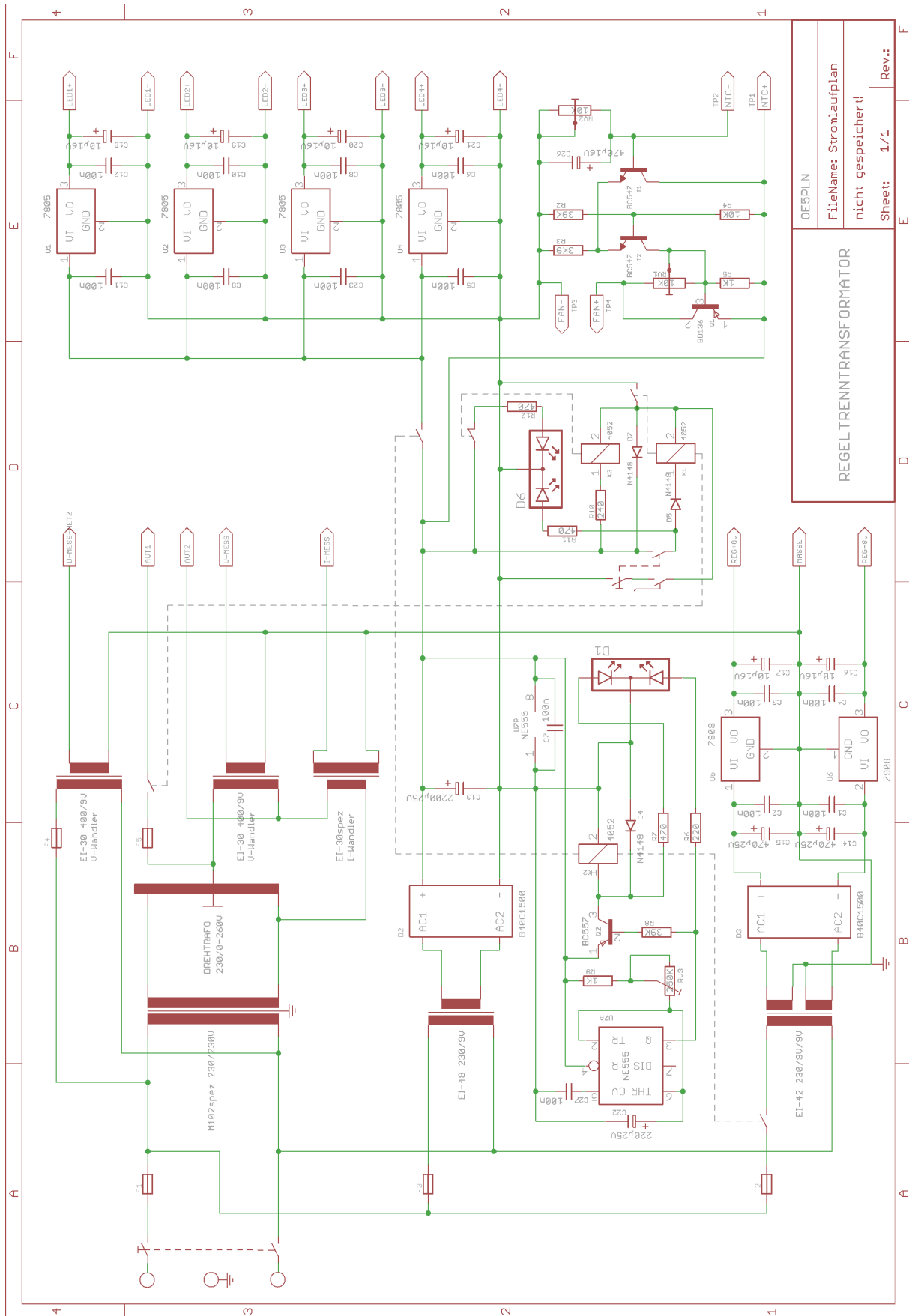


Abb. 2: Stromlaufplan

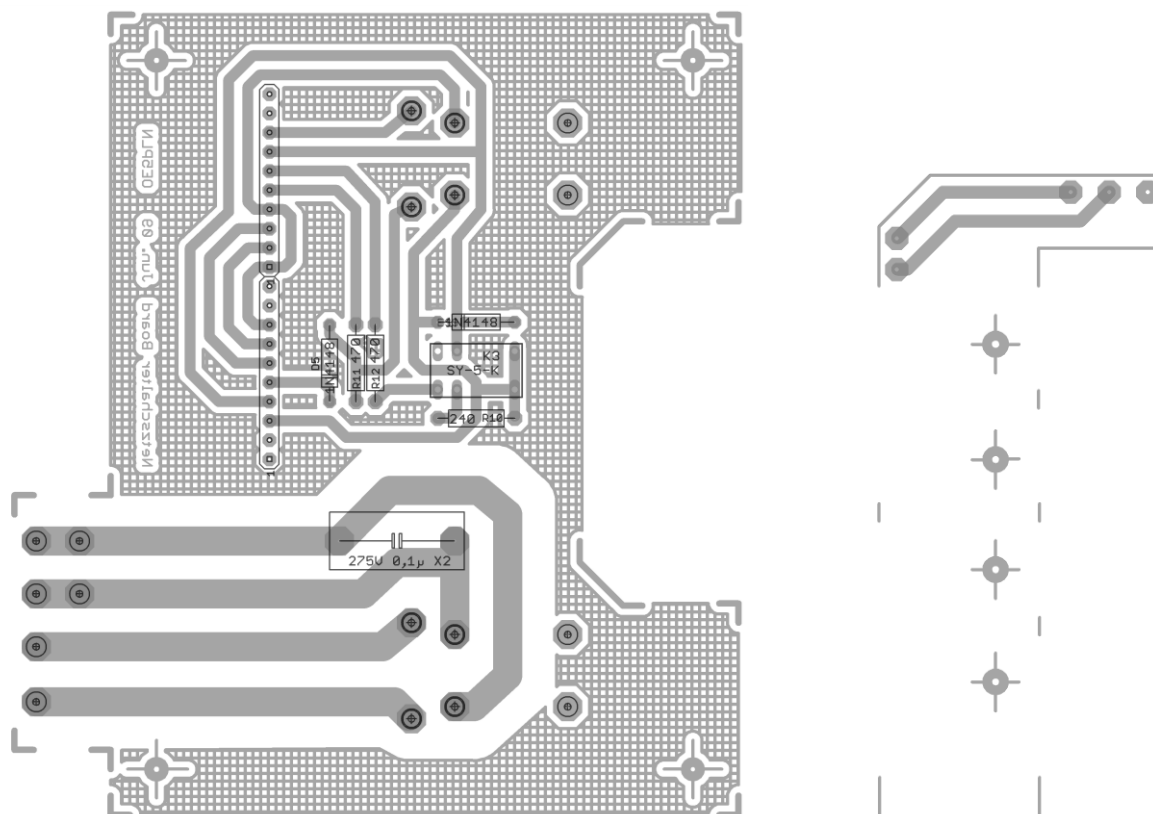


Abb. 3: Layout Netz-Board, rechts - Layout Sicherheitsschalter-Board (nicht maßstäblich)

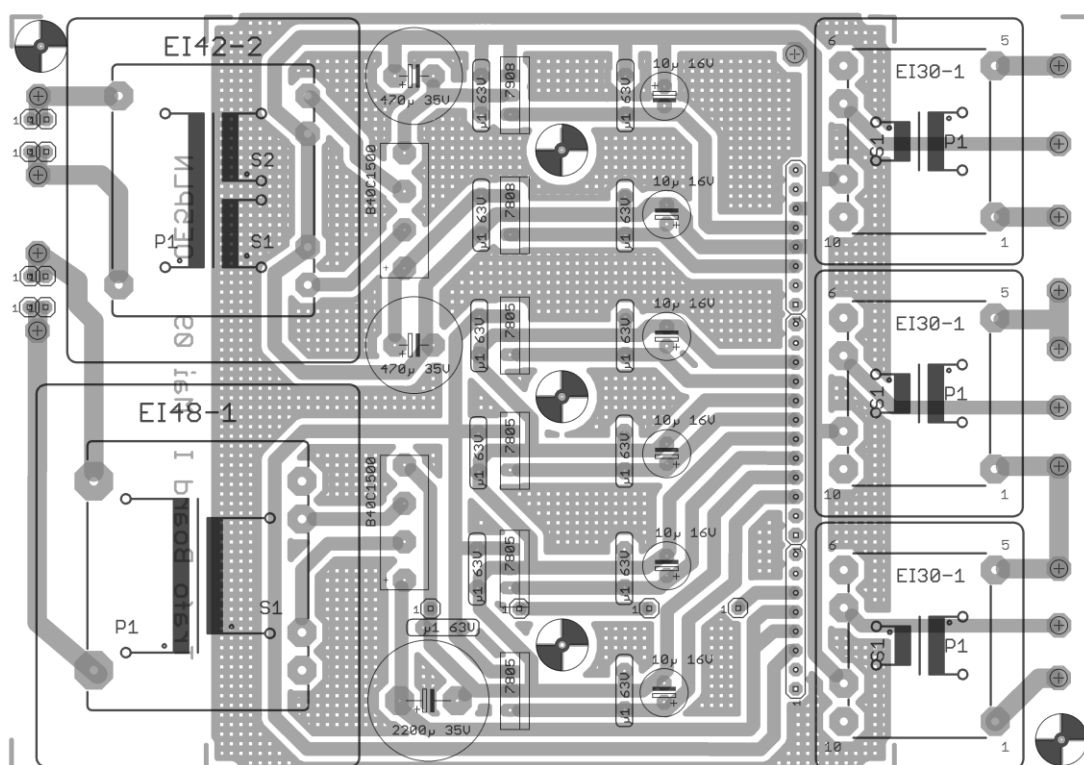
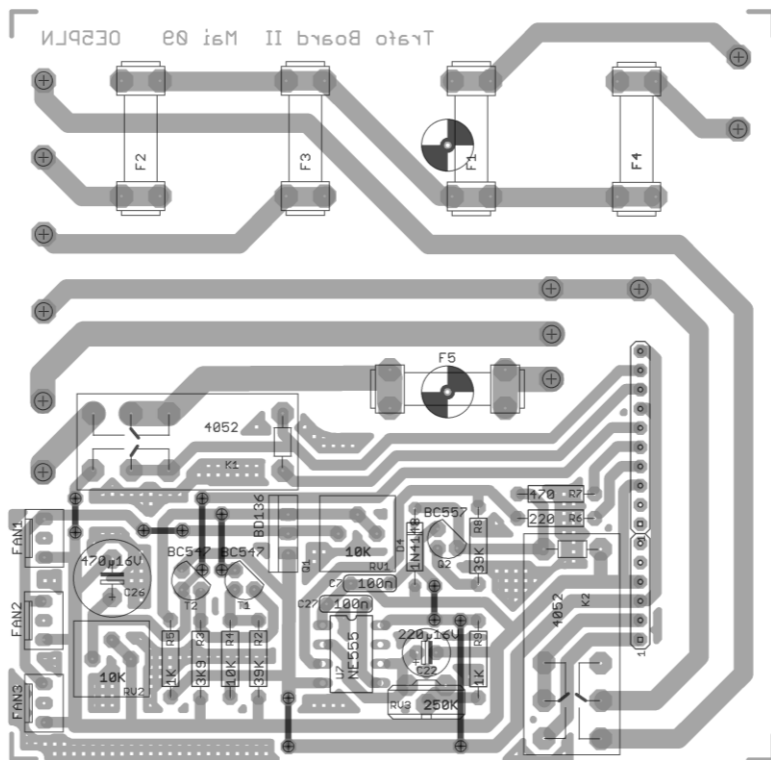


Abb. 4: Layout Trafo-Board I, (nicht maßstäblich)

Der Trenntransformator sorgt für die Trennung vom Erdpotential, was die Gefahr eines Stromschlages vermindert. Das einzige Bauteil das man nicht selbst herstellen kann ist der Drehtransformator, er wird auch in erster Linie die Größe des Gehäuses bestimmen. Der Regelbereich sollte über die Netzspannung hinausreichen um Experimente durchführen zu können. Beide sollten in Ihren Leistungsdaten aufeinander Abgestimmt sein.

Am Trafo Board I (Abb.4) befindet sich das Netzteil mit 2 Kleintransformatoren mit anschließender Gleichrichtung, Siebung und Spannungsregelung die einerseits die +8V und -8V für die Messwertaufbereitung und Andererseits die 4x +5V der LED-Panelmeter zur Verfügung stellen. Die Kühlung der Spannungsregler übernimmt ein Kühlkörper SK482 der über die gesamte Länge der Platine reicht und zusätzlich mit einem Temperaturgesteuerten Lüfter mit Frischluft versorgt wird. Am Board sind auch noch die für die Messspannungen notwendigen Spannungs- und Stromwandler vorhanden. Bei den Spannungswandlern ist auf eine möglichst hohe Nenn-Primärspannung (400V) zu achten um Messfehler im oberen Spannungsbereich zu vermeiden. Der Stromwandler sollte ein großes Verhältnis zwischen Primär und Sekundär Wicklung aufweisen (1:1000) um die Messgenauigkeit zu erhöhen. Noch ein wichtiger Hinweis: Den Stromwandler nie ohne Kurzschluss oder Bürde Widerstand auf der Sekundärseite betreiben – die Zerstörung ist durch Überspannung sicher! Der Bürdewiderstand R 48, ist je nach Stromwandler zu dimensionieren.



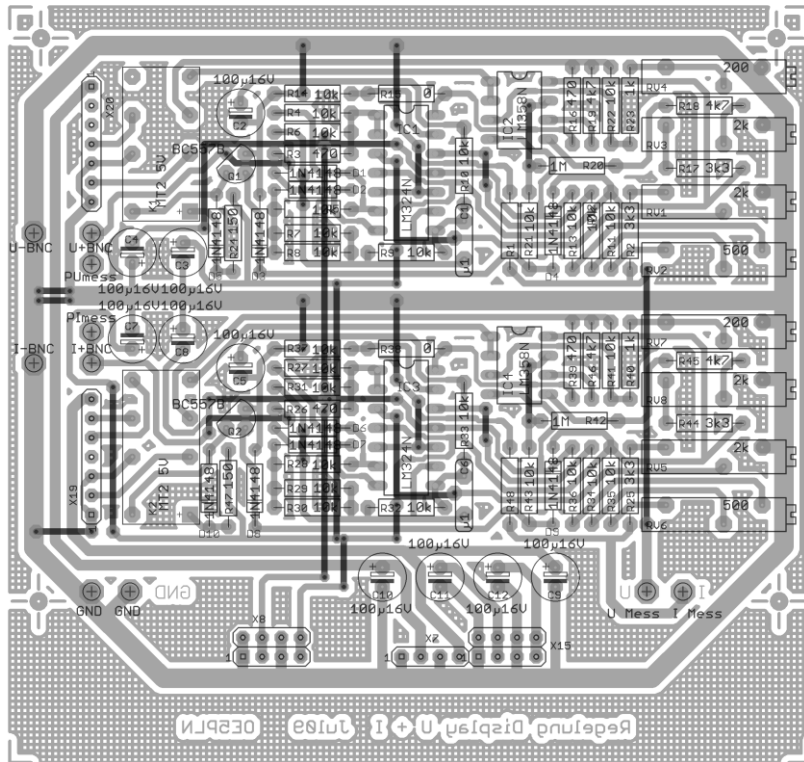


Abb. 6: Layout Regelung-Board I, Strom und Spannung (nicht maßstäblich)

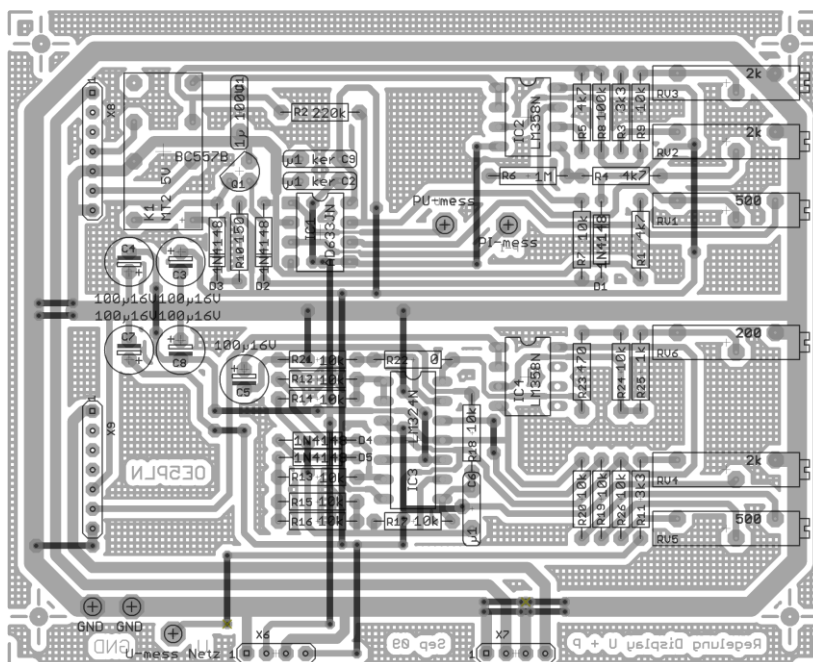


Abb. 7: Layout Regelung-Board II, Netzspannung und Wirkleistung (nicht maßstäblich)

Für die Aufbereitung der Messspannungen die von den Strom – und Spannungswandler bereitgestellt werden, ist das Regelungs-Board I+II zuständig. Wobei Board I Spannung und Stromanzeige, Board II Netzspannung und Wirkleistungsanzeige ansteuern. Weiters übernehmen sie noch die Umschaltung der Dezimalstellen und die Ausgabe der Messspannungen für die BNC Buchsen.

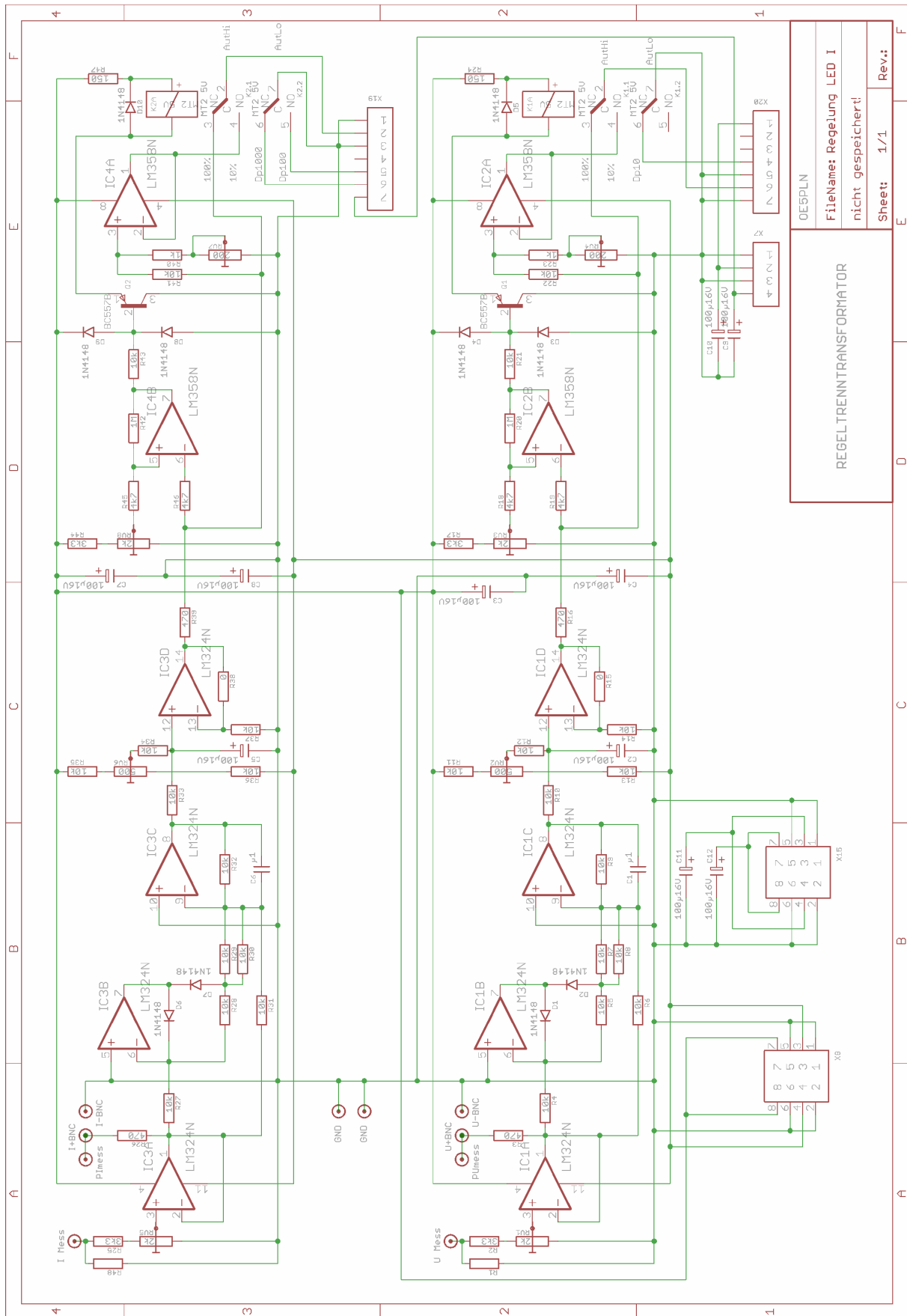


Abb. 8: Messwertaufbereitung Strom und Spannung

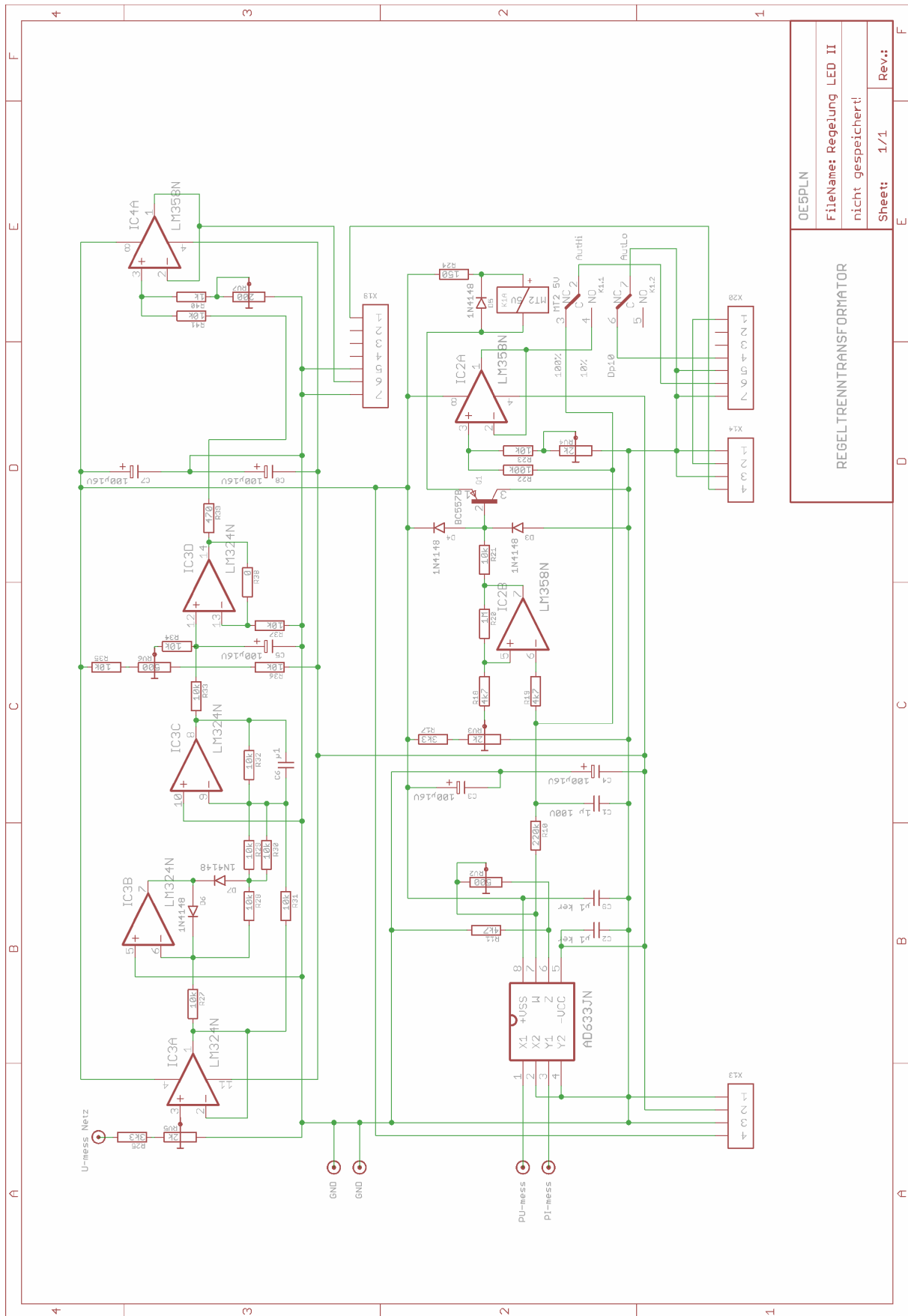


Abb. 9: Messwertaufbereitung Netzspannung und Wirkleistung

Die LED-Panelmeter stellen nun die ankommenden Messsignale der Messwertaufbreitung mit Hilfe von A-D Wandler in lesbare Werte dar. Das Panelmeter (Abb. 10) besteht aus 6 Platinen die in 3D Form aufgebaut sind und aus 4 Zeilen mit je 4 Stellen – also 16 7-Segment LED zusammengesetzt sind.

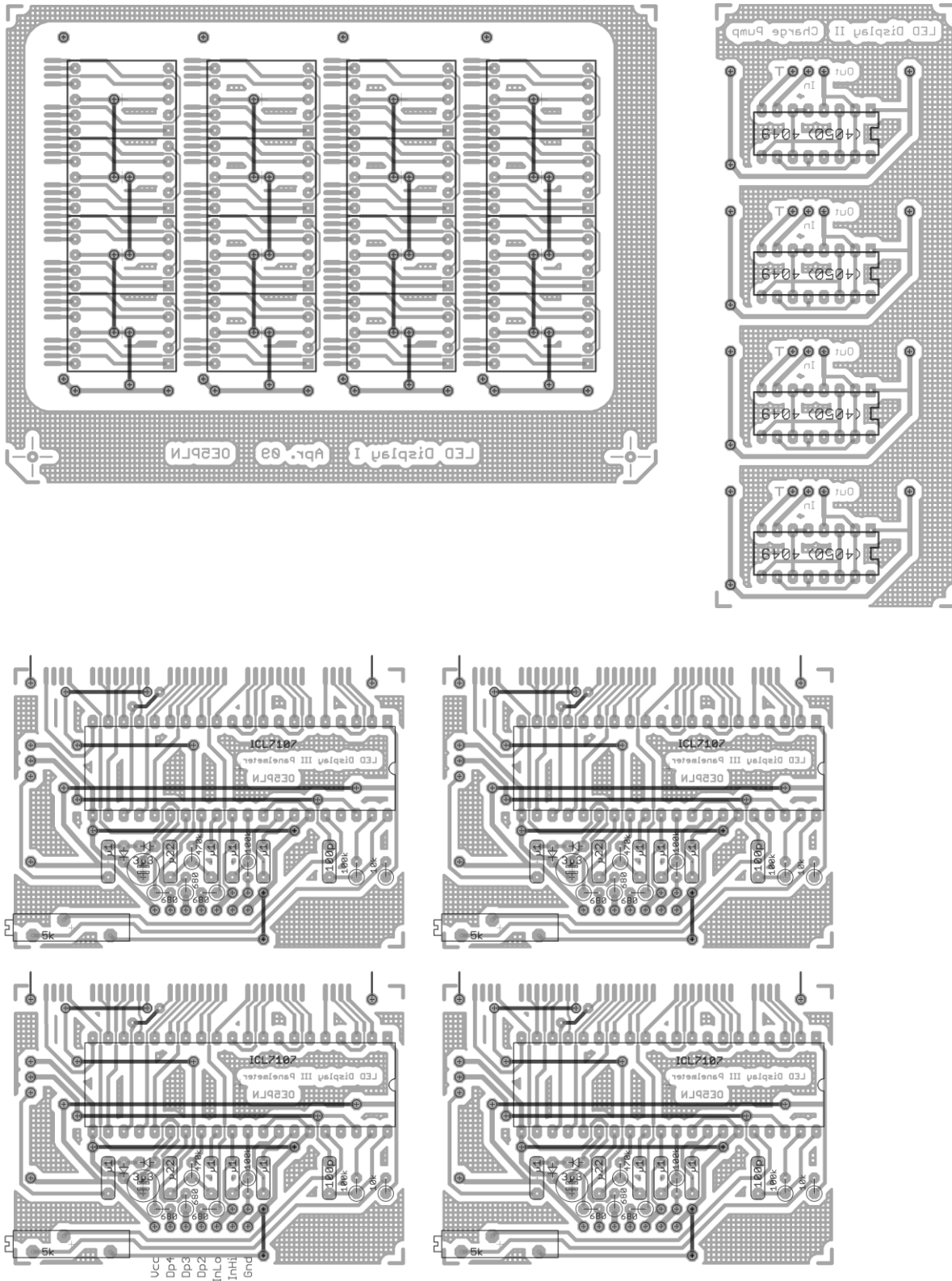


Abb.10: Layout LED Display (nicht maßstäblich)

Mechanischer Aufbau

Das Gehäuse besteht aus 2 mm Aluminiumplatten die mit Winkel Profile [3] verbunden sind. Mit 4 Schrauben lässt sich der Deckel und die Seitenteile entfernen um bei Reparaturen oder Einstellarbeiten ausreichend Bewegungsfreiheit zu gewährleisten.

Trenn- und Drehtrafo sind nach unten abgestützt um die Bodenplatte zu entlasten. (Abb. 11)

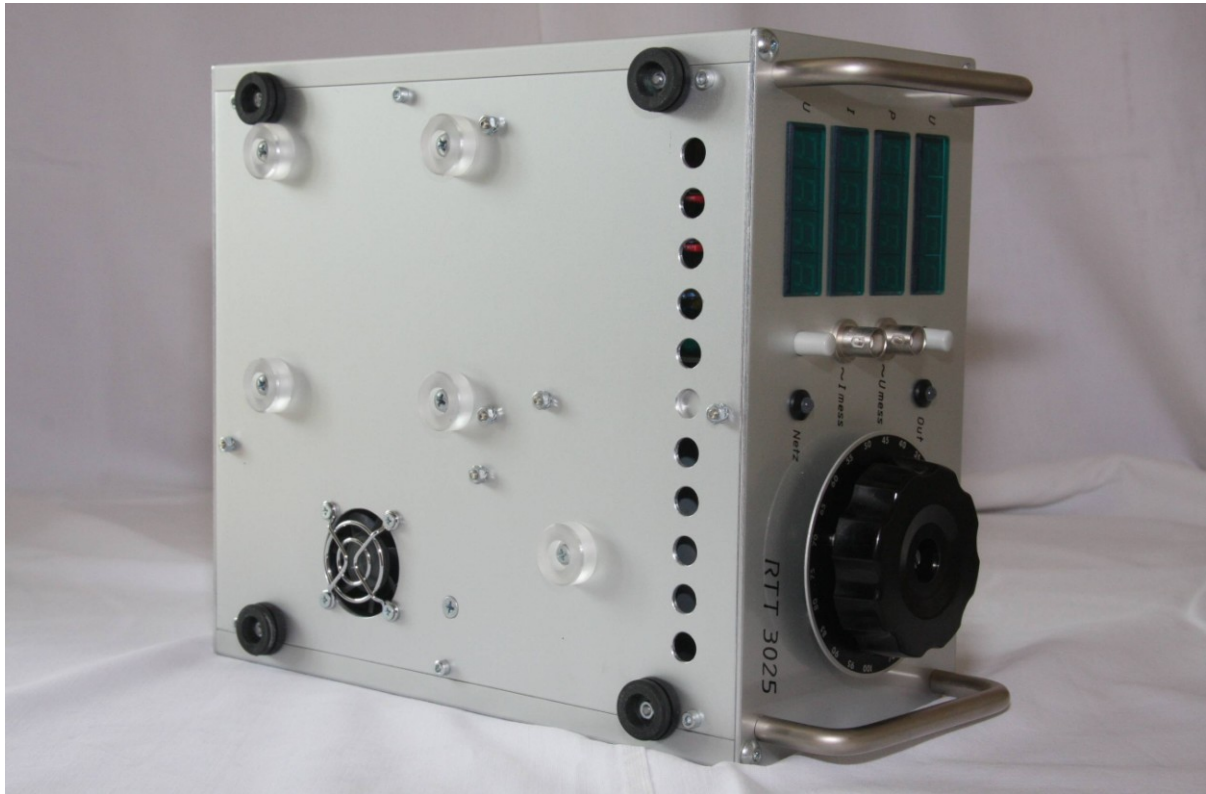


Abb. 11: Unterseite

Die Trennbleche (Abb. 12) haben mehrere Aufgaben: Die wichtigste besteht in der Abschirmung der einzelnen Baugruppen untereinander, speziell die Regelelektronik ist empfindlich gegen Einstreuungen, - als Leitbleche, bei der die Kühlluft möglichst viele wärme erzeugende Bauteile umströmen soll und zuletzt als Befestigungspunkte der Vertikal montierten Platinen. Die Griffe sind vom Baumarkt und für Möbel gedacht. Alle Beschriftungen sind mit Tusche geschrieben und farblos lackiert. Um eine optimale Gewichtsverteilung zu erreichen, sind Trenntrafo und Drehtrafo diagonal angeordnet.

Das Aluminium Gehäuse ist angesichts der 13,5 kg Gesamtgewicht nur im geschlossenen Zustand ausreichend stabil. Eine Ausführung in Stahlblech wäre eine Alternative. Alu ist aber einfacher zu bearbeiten und seine Eloxierung ist Optisch ansprechend.

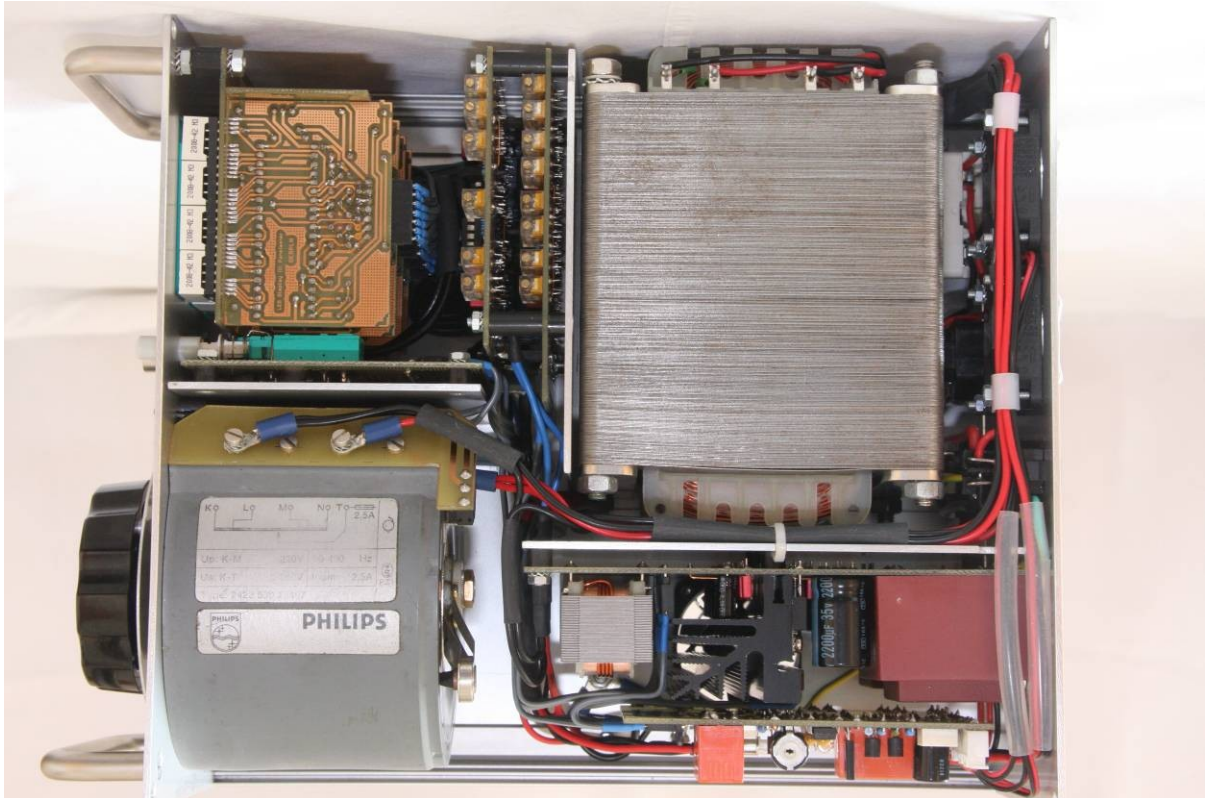


Abb. 12: Innenansicht

Trenntransformator



Abb. 13: Trafo Wickelgerät, die Primärwicklung ist fertig gestellt

Die Herstellung eines Trenntrafos ist keine große Sache, und notwendiges Material einfach zu organisieren[1]. An dieser Stelle sei die eigene Bastelkiste oder diverse Flohmärkte erwähnt. Wichtig ist die richtige Berechnung, für die es aber im Internet [2] genügend Unterstützung gibt. Eine Vorrichtung zum Bewickeln eines Trafo kann man sich ausleihen oder selbst bauen. (Abb. 13) Wichtig ist der Windungszähler und eine Mechanik die das zurückdrehen des Wickelkörpers verhindert um ein straffes auflegen der einzelnen Windungen zu ermöglichen.

In diesem Gehäuse war nur ein Trafo Typ M102B möglich. Eine Maximal Übertragbare Leistung von ca. 250 VA war eindeutig zuwenig, - die Lösung – Eigenbau. Vorteil – kann genau angepasst werden (Gehäuse, Leistung...).

Die Dicke wurde verdoppelt, Trafo Bleche gereinigt, ein neuer Wickelkörper hergestellt, bewickelt laut Berechnung und anschließend umfangreich getestet. Das Ergebnis sehen sie auf Abb. 14.

| | | |
|-------------------|-----------------------|-----------|
| Technische Daten: | Dicke | 10,60 cm |
| | Blechdicke | 0,35 mm |
| | Blechanzahl | 305 |
| | Eisenverluste | 8,75 W |
| | Kupferverluste | 19,64 W |
| | Windungszahl Primär | 235,2 |
| | Windungszahl Sekundär | 250,3 |
| | Fensterfüllfaktor | 0,997 |
| | Kurzschlussspannung | 4,00 % |
| | Leistung | 529,00 VA |
| | Gewicht | 6,83 kg |



Abb. 14: Rückseite

Abgleich

Um das Abgleichen zu erleichtern möchte ich auf einige Dinge hinweisen die erst durch oftmaliges herumprobieren zu guten Ergebnissen geführt haben.

Grundsätzlich gilt: – Gute Masseverbindungen, möglichst kurze Leitungen, Abschirmung wo es geht, ausreichende Leitungsquerschnitte verwenden, lösbare Verbindungen auf guten Kontakt auslegen, Spannungsregler auf Temperaturtrift prüfen, alle IC Sockeln.

Als Messgeräte sollten ein gutes Multimeter und ein Oszilloskop zur Verfügung stehen.

Vor dem Einbau wird das LED-Panelmeter auf einwandfreie Funktion getestet. Dazu ist der Messeingang auf Masse zu legen. Die Anzeige muss "000" anzeigen. Ein Abgleich ist nicht nötig, wenn man als A-D Wandler den ICL7107 oder für LCD den ICL7106 verwendet. Anschließend wird der „Span - Adj.“ Spannungsteiler so eingestellt, dass bei einer Messspannung von 1.5 V "1999" am Display abzulesen ist. Dieser Vorgang wiederholt sich vier Mal. Damit ist das Anzeige Modul einsatzbereit.

Für die Messwertaufbereitung steht ein Vierfach Operationsverstärker IC zur Verfügung, der die Impedanzwandlung Gleichrichtung und den Nullpunktgleich übernimmt. Mit RV2 (Spannung), RV6 (Strom), RV6 (Netzspannung) wird die Anzeige bei 0 V Ausgangsspannung und Lastfreiem Zustand auf "000" justiert. Beginnt sich die Anzeige vom Ausgangspunkt zu verändern, ist die Temperaturdrift der Spannungsregler zu groß. Abhilfe schafft hier nur ein Austausch.

Netz Spannungsmessung:

Ein Spannungsmessgerät dient als Referenz, da sich die Netzspannung im Tagesverlauf um etwa +/- 5V verändert. Mit RV 5 wird auf die Netzspannung abgeglichen. In Zukunft wird man diese Spannungstrift mit dieser Anzeige sehr schön beobachten können.

Spannungsmessung:

Bei einer Ausgangsspannung von 230 V an der Gerätesteckdose, ist R 2 ist so zu dimensionieren, dass am Eingang der Spannungs-Messwertaufbereitung über RV1 1,5 bis 2 V abfallen.

Das Panelmeter wird nun mit RV 1 auf den Wert der Ausgangsspannung eingestellt.

Strommessung:

Bei einem Ausgangsstrom von 2,5 A an der Gerätesteckdose, ist R 25 so zu dimensionieren, dass am Eingang der Strom-Messwertaufbereitung über RV 5 1.5 bis 2 V abfallen. Das Panelmeter wird nun mit RV 5 auf den Wert des Ausgangsstroms eingestellt.

Als Last wurde ein Array aus 10 parallel geschalteten Glühlampen verwendet.

Wirkleistungsmessung:

Zur Aufbereitung der Wirkleistungsanzeige kommt der IC AD633JN zum Einsatz. Die Summe der Eingangsspannungen dürfen lt. Datenblatt, bei einer Betriebsspannung von +/-8 V maximal +5 V betragen. Am Ausgang ist mit einem Oszilloskop zu kontrollieren ob ein einwandfreier Sinus ausgegeben wird. Werden die Hüllkurven bei höchster Ausgangsspannung oder Ausgangsstrom abgeflacht, sind die Messspannungen zu verringern.

Mit RV 2 kann der „Scale Factor“ der Messspannung so justiert werden, dass am Panelmeter der Richtige Zahlenwert der Wirkleistung angezeigt wird. Wenn kein Leistungsmessgerät zur Verfügung steht kann auch rechnerisch nachgeprüft werden.

Messbereichsumschaltung:

Um Messwerte oberhalb von "1999" anzeigen zu können, muss die Messspannung und der Dezimalpunkt angepasst werden. Ein Doppel Operationsverstärker IC übernimmt nach der Messwertaufbereitung diese Aufgabe. Der erste OP steuert als Schwellwertschalter ein Relais an das den Dezimalpunkt an die gewünschte Stelle setzt, zeitgleich wird vom zweiten OP die Messspannung auf 10 % „verstärkt“, und vom Relais an das Panelmeter weitergegeben.

Mit Hilfe des Widerstandes im Mitkoppelzweig entsteht eine definierte Hysterese wodurch ein permanentes Umschalten im Bereich der Schaltschwelle unterbunden wird.

Mit RV 3 (Spannung) RV 8 (Strom) und RV 3 (Leistung) kann die Schaltschwelle eingestellt werden.

Mit RV 4 (Spannung) RV 7 (Strom) RV 4 (Leistung) und RV7 (Netzspannung) ist noch ein Abgleich der Messspannungen im 10% Bereich möglich.

Lüftersteuerung:

3 temperaturgesteuerte Lüfter sorgen für ausreichende Kühlung des Regel - Trenntransformators. Der Temperatursensor befindet sich am Kühlkörper der Spannungsregler. Mit RV 1 wird die Minimaldrehzahl eingestellt, RV 2 legt die Temperatur fest bei der die Drehzahl ansteigen soll.

Einschaltverzögerung Display:

Das Zeitglied ist mit einem NE555 mit Beschaltung realisiert. Optisch wird der Betriebszustand mit einer 2 Farben LED an der Frontplatte angezeigt. RV 3 ermöglicht die Verzögerung zwischen 0 und 300 Sekunden einzustellen.

Schlussbemerkungen

Seit der Fertigstellung ist dieses Gerät regelmäßig in Betrieb und wurde allen Anforderungen gerecht. Vom Basteltisch ist es nicht mehr wegzudenken. Und der Gedanke daran, dass es im Eigenbau entstanden ist erhöht die Freude beim Arbeiten.

Durch den Modularen Aufbau ist es möglich, Teile oder Funktionen die nicht benötigt werden wegzulassen. Als Anzeigen sind fertige Module (LCD oder LED) denkbar. Unter diesem Gesichtspunkt ist der Aufwand gering, zumal alle Layouts im PostScript Format von [4] herunter geladen werden können.

Peter OE5PLN

Verweise:

- [1] <http://www.sauter-shop.de/>
- [2] <http://www.oe5.oevsv.at/opencms/technik/software/helfer/>
- [3] <http://www.kse.at/>
- [4] <http://www.oe5.oevsv.at/opencms/technik/werkstatt/>