



XD1-T – Transformator- Differenzialschutzrelais

Handbuch XD1-T (Revision A)

Woodward behält sich das Recht vor, jeden beliebigen Teil dieser Publikation zu jedem Zeitpunkt zu verändern. Alle Information, die durch Woodward bereitgestellt werden, wurden geprüft und sind korrekt. Woodward übernimmt keinerlei Garantie.

© Woodward 1994-2008
Alle Rechte vorbehalten

Inhalt

1.	Anwendung und Merkmale	4
2.	Aufbau.....	5
3.	Funktionsweise	6
3.1	Grundprinzip des Differenzialschutzes	6
3.2	Phasen- und Betragsanpassung.....	7
3.3	Berücksichtigung der Regelstufen des Transformators	7
3.4	Arbeitsprinzip der Zusatzausrüstung SAT	8
3.5	Berücksichtigung des Einschalttrushes	10
3.6	Blockdiagramm.....	12
4.	Bedienung und Einstellungen	13
4.1	Einstellen der Parameter mittels Stufenschalter	14
4.2	Einstell-Empfehlung	14
5.	Test des Relais und Inbetriebnahme.....	16
5.1	Anschließen der Hilfsspannung	16
5.2	Test mit Wandlersekundärstrom (Sekundärtest)	16
5.2.1	Auslöse-Parameter Id1	17
5.2.2	Einschaltstrom-Blockierung.....	17
5.3	Test mit Wandlerprimärstrom (Primärtest).....	18
5.3.1	Abgleich der Anpasswandler.....	18
5.3.2	Funktionsprobe.....	19
6.	Technische Daten	20
6.1	Gehäuse.....	20
6.2	Technische Daten	21
7.	Bestellformular.....	25

1. Anwendung und Merkmale

Transformatoren gehören zu den wertvollen Anlagenteilen in der Energieversorgung. Der Schutz dieser Betriebsmittel ist somit von besonderer Bedeutung.

Zur selektiven Fehlererkennung und Abschaltung sollte daher unbedingt ein Transformator-differenzialschutz zum Einsatz kommen, der die Ausweitung von Schäden vermeidet bzw. minimiert.

Das XD1-T ist ein streng selektiver Objektschutz für Zweiwicklungstransformatoren. Es erkennt innerhalb kürzester Zeit Fehler, die innerhalb des Schutzbereiches liegen und zur Abschaltung führen müssen; das sind:

- Kurzschlüsse zwischen Windungen, Wicklungen und Herausführungen innerhalb des Transformatorgehäuses
- Erdschlüsse innerhalb des Gehäuses
- Kurz- und Erdschlüsse außerhalb des Gehäuses, je-doch innerhalb des Schutzbereiches (z. B. an Durchführungen oder Zuleitungen)

Außerdem ist das XD1-T in der Lage andere Betriebs-zustände (z.B. Fehler außerhalb des Schutzbereiches, Einschaltvorgänge) zu erkennen, bei denen es nicht zur Auslösung des Schutzes kommen darf.

Bei großen Transformatoren ist es sinnvoll, zusätzlich zum Differenzialschutz einen Reserve-schutz zu verwenden, da ein nicht erfasster innenliegender Fehler (z.B. Windungsschlüsse im Transformator, bei denen nur wenige Windungen kurzgeschlossen sind) mit fort-schreitender Zeit zu ernstesten Problemen führen könnte.

Für diese Zwecke bietet die Woodward die Überstromzeitrelais MRI1/IRI1/XI1 an.

Das XD1-T der PROFESSIONAL LINE zeichnet sich durch folgende Eigenschaften aus:

- Fehleranzeige über LEDs
- extrem weite Arbeitsbereiche der Versorgungsspannung durch universelles Weitbereichsnetzteil
- große Einstellbereiche mit sehr feinen Einstellstufen
- sehr schnelle Reaktionszeit
- Kompakte Bauform durch SMD - Technik
- Sehr geringe Stromwandlerbürde
- Anpassung an Übersetzungsverhältnisse und Schalt-gruppen ohne externe Zwischenwandler
- zweistufige Auslösezeitkennlinie
- galvanische Trennung aller Eingänge von der Relais-Elektronik
- Zusatzausrüstung "Sättigungserkennung" auch später nachrüstbar
- Selbstüberwachung der Stabilisierungsschaltungen
- Schaltpunkte in weiten Grenzen einstellbar

2. Aufbau

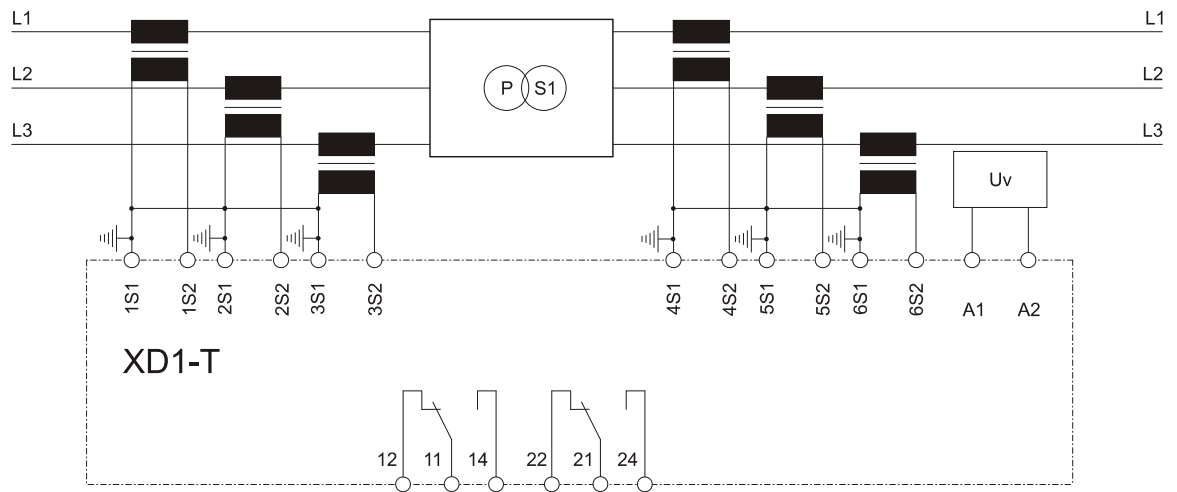


Abbildung 2.1: Anschlussbild

Analogeingänge

Dem Schutzgerät werden die analogen Sekundärströme der Oberspannungsseite über die Klemmen 1S1 - 3S2 und die Sekundärströme der Unterspannungsseite über die Klemmen 4S1 - 6S2 zugeführt.

Hilfsspannungsversorgung

Das XD1-T benötigt eine separate Hilfsspannungsversorgung. Dafür ist eine Gleich- oder Wechselspannung zu verwenden. Das XD1-T besitzt dafür ein integriertes Weitbereichsnetzteil. An die Anschlussklemmen A1-A2 können Hilfsspannungen im Bereich von 19 - 390 V DC oder 35 - 275 V AC angeschlossen werden.

Kontaktstellungen

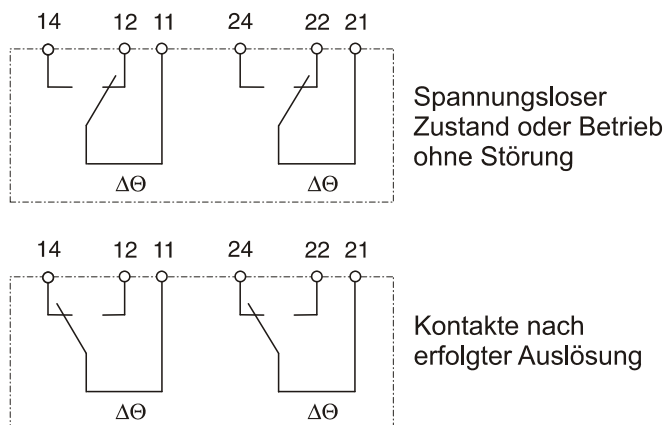


Abbildung 2.2: Kontaktstellungen der Ausgangsrelais

3. Funktionsweise

3.1 Grundprinzip des Differenzialschutzes

Prinzipiell beruht der Transformator-Differenzialschutz auf der Grundlage des Stromvergleiches zwischen Ober- und Unterspannungsseite des Transformators.

Betrachtet man den Transformator idealisiert als Knotenpunkt, so ist die Summe der zufließenden Ströme gleich der Summe der abfließenden Ströme.

Im Normalbetrieb oder bei einem Kurzschluss außerhalb des Schutzbereiches heben sich somit die Wandlersekundärströme im Differenzstromkreis weitgehend gegeneinander auf. Beim Auftreten eines Differenzstromes I_d ist dann auf einen internen Fehler zu schließen.

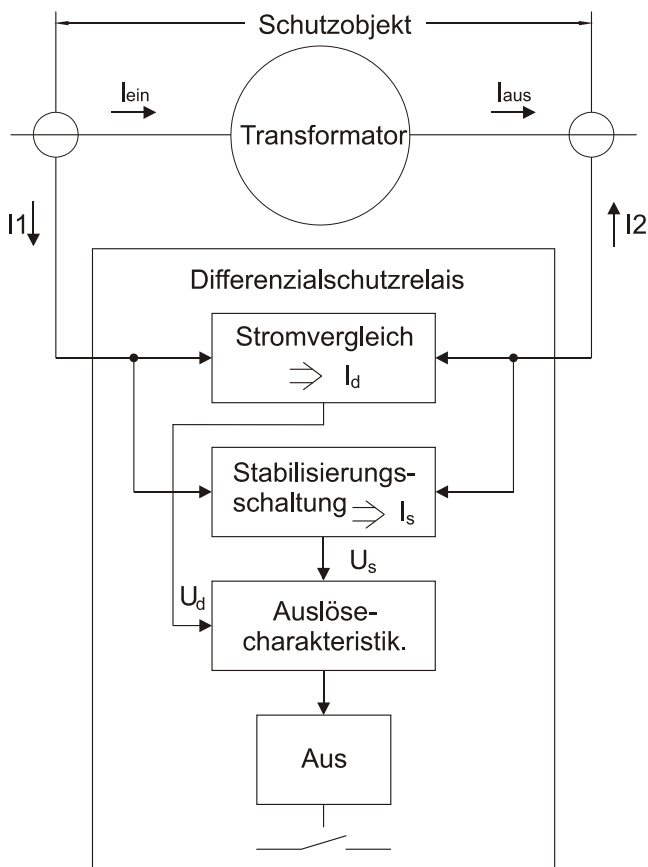


Abbildung 3.1: *Prinzipieller Aufbau des Differenzialschutzbereiches*
 I_d = Differenzstrom, auslösende Größe
 I_s = stabilisierende Größe

In der Praxis sind jedoch aufgrund verschiedenartiger Probleme Anpassungs- und Stabilisierungsmaßnahmen vorzunehmen, um eine einwandfreie Funktion des Transformator-Differenzialschutzes zu gewährleisten:

- Aufgrund verschieden großer Ströme auf der Primär- und der Sekundärseite des Transformators werden Wandler mit unterschiedlichen Übersetzungsverhältnissen eingesetzt.
- Durch Transformator-Schaltgruppen hervorgerufene Phasendrehungen zwischen Primär- und Sekundärseite müssen berücksichtigt werden.
- Schaltvorgänge im Netz müssen als solche erkannt werden.
- Einschaltströme (Einschaltrush) dürfen nicht zur Fehlauflösung des Gerätes führen.

3.2 Phasen- und Betragsanpassung

Zunächst muss die durch die Transformatorschaltgruppe hervorgerufene Phasendrehung zwischen Primär- und Sekundärseite rückgängig gemacht werden und eine Anpassung der Stromamplituden (Betragsanpassung) erfolgen. Im Gegensatz zu fast allen marktüblichen Differenzialschutzgeräten geschieht dies hier durch einen im Gerät integrierten Anpasstromwandlersatz. Daher sind keine zusätzlichen Zwischenstromwandler erforderlich.

Die Anpasstromwandler sind entsprechend der Schaltgruppe des Leistungstransformators geschaltet. Beispielsweise wird einer Stern-Transformatorschaltung stets eine Dreieckschaltung der Anpasstromwandler zugeordnet, um Nullströme (d. h. Ströme, die bei außenliegendem Erdschluss zum Transformator fließen und einen Differenzstrom I_d erzeugen würden) zu kompensieren und eine Überfunktion des Differenzialschutzes zu verhindern.

3.3 Berücksichtigung der Regelstufen des Transformators

Das XD1-T ist universell einsetzbar, d. h. auch bei Regeltransformatoren, bei denen die Übersetzung einstellbar ist, um Spannungsschwankungen des speisenden Netzes auszuregeln. Da der Differenzialschutz durch die Schaltgruppen- und Übersetzungsanpassung jedoch auf die Nennübersetzung des Transformators eingestellt ist, ergibt sich ein scheinbarer Fehlerstrom I_d , der proportional zum fließenden Laststrom ist. Eine last-proportionale Stabilisierungsgröße I_s verhindert hier eine Überfunktion des Schutzes.

3.4 Arbeitsprinzip der Zusatzausrüstung SAT

Bei vielen Transformator-Differenzialschutzsystemen treten Instabilitäten auf, die zu schwerwiegenden Fehlern führen können, weil die Stromwandler aufgrund von transienten Vorgängen eine Kernsättigung erfahren. In diesem Zustand bilden die Stromwandler, die auf bei-den Seiten der Schutzzone angeordnet sind, nicht den „richtigen“ (im Verhältnis zur Primärseite) sekundärseitigen Strom ab. Das Differenzial-Schutzrelais erkennt dadurch auf der Sekundärseite der Stromwandler einen Differenzstrom I_d , der aber primärseitig nicht existiert und es kann somit zu einer Fehlauflösung kommen.

Die transienten Vorgänge, die zur Kernsättigung der Stromwandler führen, können folgende Ursache haben:

- Schwerwiegende Fehler (externer Kurzschluss bei großer Leistung)
- Anlaufphasen großer motorischer Antriebe
- Aufmagnetisierungsströme von unbelasteten Transformatoren
- Fehler innerhalb der Schutzzone (Kurzschlüsse)

Abb. 3.2 verdeutlicht die Kernsättigung aufgrund eines Kurzschlussstromes. Dieser enthält meist eine Gleichstrom-Komponente. Der, bei dieser Fehlerart auftretende, primärseitige hohe Strom erzeugt im Wandlerkern eine magnetische Induktion B , die den Eisenkern zur Sättigung bringt.

Der Eisenkern hält diese hohe Induktion bis der primär-seitige Strom auf Null abklingt. Während der Perioden, in denen sich der Kern in Sättigung befindet, entspricht der Sekundärstrom nicht dem Primärstrom sondern wird zu Null.

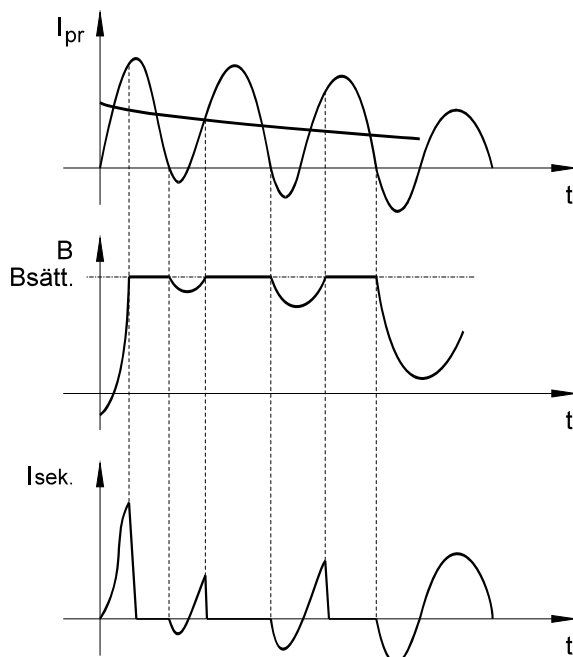


Abbildung 3.2: Kernsättigung eines Stromwandlers
 a) Primärstrom mit Gleichstrom
 b) Induktion im Kern
 c) Sekundärstrom

Unterschiedliche Sättigung der Stromwandler, die zu einer Schutzzone gehören, erzeugen ebenfalls einen Differenzstrom I_d , der zur Auslösung des Relais führt. In Abbildung 3.3 wird anhand eines Beispiels gezeigt, wie die Messwerte aufgrund unterschiedlicher Wandlersättigung differieren.

Abbildung 3.3 rechts zeigt die Abbildung des Sekundärstromes, eines internen Fehlers, während der Stromwandler in Sättigung ist. Der Differenzstrom I_d stellt hierbei einen echten Fehlerstrom dar und das Relais muss unverzüglich auslösen.

Abbildung 3.3 links zeigt zwei Sekundärströme zum Zeitpunkt eines externen Fehlers, wobei der Strom i_1 bei Wandler sättigung und der Strom i_2 im ungesättigten Zustand abgebildet wurde. Der Differenzstrom I_d stellt hierbei einen Normalstrom dar und das Relais darf nicht auslösen.

Links Interner Fehler,
einseitige Speisung: i_1 = Sekundärstrom eines gesättigten Stromwandlers (theoretisch)
 $i_2 = 0$; nur beim internen Fehler bei Speisung von Seite 1
(siehe Abb 3.1)
 I_d = gemessener Differenzstrom

Rechts Externer Fehler:
 i_1 = Sekundärstrom eines gesättigten Stromwandlers (theoretisch)
 i_2 = Wandlersekundärstrom (siehe Abb. 3.1)
Die Kurvenform des Differenzstroms I_d muss für die beiden betrachteten Fälle (interner und externer Fehler) unterschieden werden.

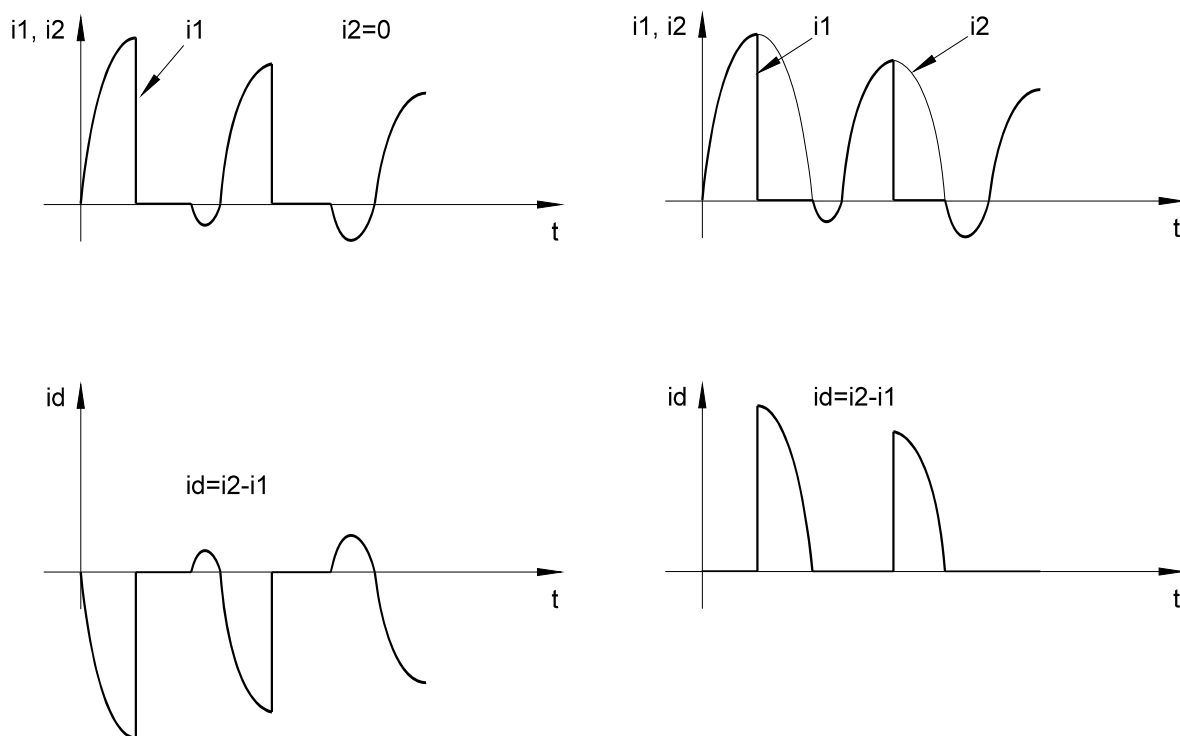


Abbildung 3.3: Stromvergleich bei Stromwandlern mit Kernsättigung durch die im Fehlerstrom enthaltene Gleichstrom-Komponente

Die Zusatzausrüstung „SAT“ analysiert den Differenzstrom für jede Phase separat. Das SAT-Modul unterscheidet den Differentialstrom und ermittelt:

- Änderungsgeschwindigkeit des Differenzstromes $d(i_d)/dt$
- Das Vorzeichen von $d(i_d)/dt$
- Interner / externer Fehler
- Dauer der Sättigung während einer Periode
- Gleichstrom- oder Wechselstrom-Sättigung

Der Moment der größten Änderungsgeschwindigkeit des Differenzstromes $d(i_d)/dt$ ist ein deutliches Zeichen für den Beginn der Kernsättigung. Das Vorzeichen dieses $d(i_d)/dt$ -Wertes unterscheidet einen internen von einem externen Fehler.

Wird nur ein extremer $d(id)/dt$ -Wert pro Periode ermittelt, so deutet dies auf eine Sättigung durch eine Gleichstrom-Komponente hin.

Werden jedoch zwei extreme $d(id)/dt$ -Werte pro Periode ermittelt, so ist dies ein Zeichen für die Sättigung durch eine Wechselstrom-Komponente.

Die Messschaltung ermittelt aus den vorherigen Kenngrößen.

Nur externe Fehler führen zur Blockierung des Auslöse-Relais.

- Im Falle einer Kernsättigung durch eine Gleichstrom- oder Wechselstrom-Komponente wird die Differenzstrommessung solange blockiert, bis die transienten Vorgänge abgeklungen sind oder sofort aufgehoben, wenn ein interner Fehler ermittelt wird.
- Wird die Kernsättigung durch eine Wechselstrom-Komponente hervorgerufen, so werden nur die Zeitabschnitte der Sättigung innerhalb einer Periode blockiert, d.h. das sogar im Falle einer starken Sättigung das Differenzschutzrelais in der Lage ist, den Differenzstrom zu ermitteln. Dies ist ein großer Vorteil gegenüber Relais, die ausschließlich harmonische Filter zur Registrierung der Sättigung verwenden.
- Alle ermittelten transienten Vorgänge führen zu einem Wechsel der Auslöse-Kennlinie auf die Grobmessstufe (siehe Auslösekennlinien).

Die Messschaltung beinhaltet eine kontinuierliche Selbstüberwachung, die jede Art von Blockierfunktion auf maximal 1,7 Sekunden begrenzt, was verschiedene Vorteile hat.

Wird beispielsweise die Kernsättigung aufgrund eines externen Fehlers registriert, so bleibt das Relais stabil. Im Falle eines internen Fehlers, der sofort festgestellt wird, ist die Blockierung aufgehoben und das Relais löst sofort aus.

Daraus ergibt sich, dass ein Fehler, der während des Einschaltens eines Transformators auftritt, sofort erkannt und der Transformator abgeschaltet wird.

3.5 Berücksichtigung des Einschalttrushes

Beim Einschalten eines Transformators tritt in der netzseitigen (primären) Wicklung ein transienter Einschaltstrom auf. Dieser hat jedoch auf der Sekundärseite des Transformators keine äquivalente Größe zur Folge, so dass hierdurch ein Differenzstrom I_d auftritt, der ohne entsprechende Stabilisierung der Messkreise zu einer Fehlauflösung führen würde.

Der Einschaltstrom beinhaltet drei typische Komponenten, die ihn von anderen Fehlern unterscheiden:

- **Die Gleichstrom-Komponente**
Die Gleichstrom-Komponente ist, abhängig vom Moment des Zuschaltens, mindestens in einer Phase des Einschaltstromes enthalten.
- **Die zweite Harmonische**
Die zweite Harmonische ist, durch den gerichteten Fluss im Transformator Kern, in allen Einschaltströmen enthalten.
- **Die fünfte Harmonische**
Die fünfte Harmonische ist vorhanden, wenn der Transformator kurzzeitig einer Überspannung unterliegt.

Die Sättigungserkennung SAT erkennt nicht nur Wandlersättigungen aufgrund externer Fehler sondern auch Einschaltströme (Einschaltrush) des zu schützenden Transformators. Der Differenzstrom I_d wird in jeder Phase separat analysiert, wobei das Signal des Differenzstromes eine Filteranordnung durchläuft, die die transienten Größen wie Gleichstrom-Komponente, die zweite Harmonische und die fünfte Harmonische erkennt.

Somit werden alle drei Komponenten des Einschaltstromes ausgewertet.
Die Ansprechgrenzen für die Einschalttrush-Stabilisierung liegen wie folgt:

Gleichstrom-Komponente	20%...60% x Id
zweite Harmonische	20%...50% x Id
fünfte Harmonische	10%...25% x Id

Die Auslöseblockierung basiert auf der Kombination dieser drei Komponenten.
Ist nur eine Komponente vorhanden, wird der größte Wert verwendet.
Liegt eine Mischung aller drei Komponenten vor, wird der kleinste Wert verwendet.
Durch diese kombinierte Messung der drei Komponenten erzielt das XD1-T:

- Zuverlässige Einschalt-Stabilisierung
- Schnelle Abschaltung bei einem Transformatorfehler
- Maßnahmen gegen die Kernsättigung der Stromwandler.

Im Gegensatz zur kompletten Schutz-Blockierung, die nur während des Einschaltens des Transformators aktiv ist, bleibt die Überwachung der Harmonischen zur Erkennung der Kernsättigung der Stromwandler auch während des Normalbetriebes aktiv. Dadurch werden interne Fehler sofort (ms-Bereich) erkannt und externe Fehler führen zu keiner Fehlauflösung.

Die Blockierung endet wenn:

- der Differenzstrom Id einen durch die Auslösekennlinie festgelegten Minimalwert Id1 unterschreitet, oder
- der Differenzstrom Id, nach Auswertung der Harmonischen, einen internen Fehler erkennt, oder
- der Differenzstrom Id einen Maximalwert von 15 x In überschreitet, oder
- eine fest eingestellte Zeit abgelaufen ist.

In der Grundversion, also ohne die Zusatzausrüstung „SAT“, findet keine Auswertung der Harmonischen statt.

Als höherwertige Schutzausrüstung für den Transformator- oder Generatorschutz ist der Einsatz des Zusatzmodul „SAT“ zu empfehlen.

3.6 Blockdiagramm

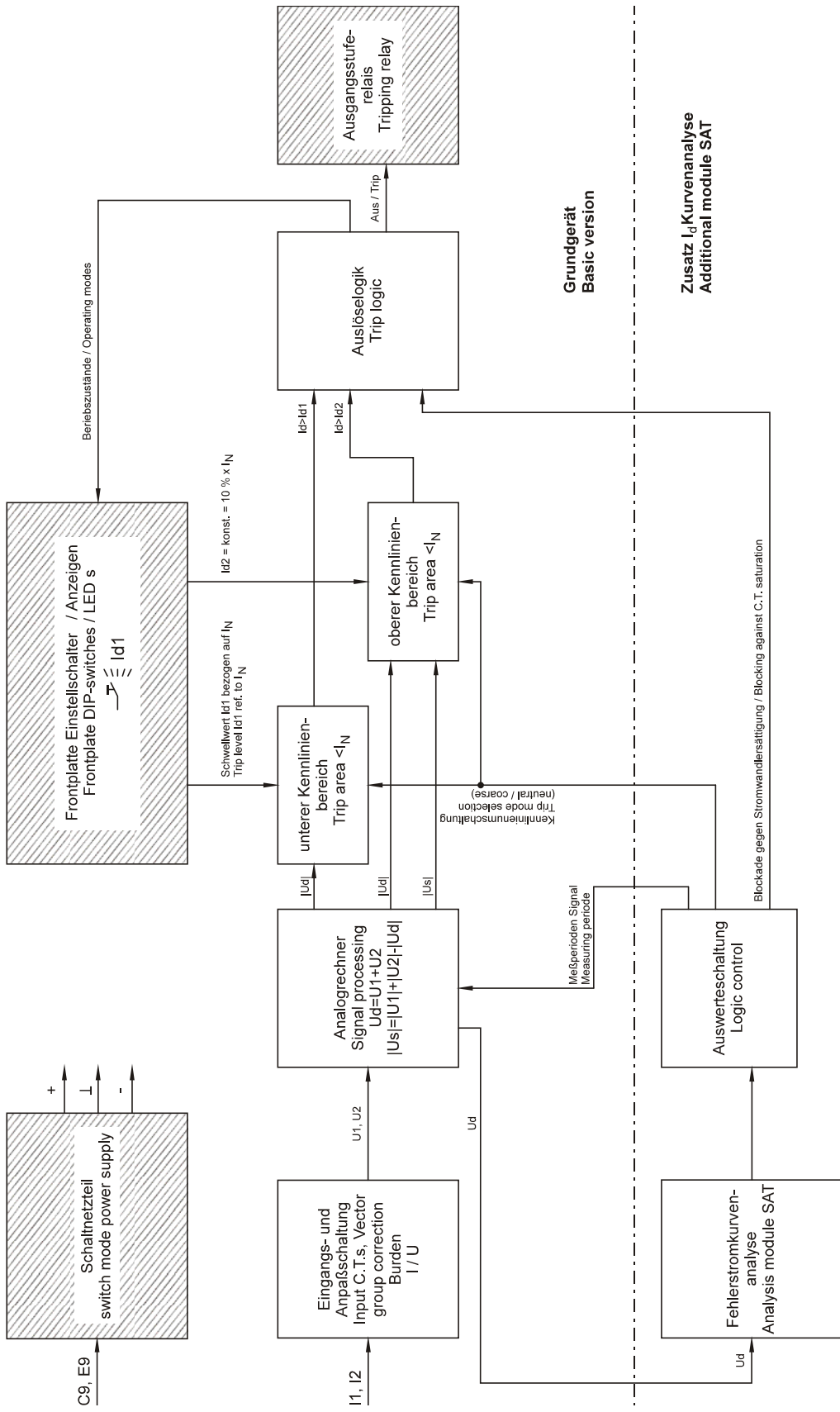


Abbildung 3.4: Blockdiagramm

4. Bedienung und Einstellungen

Auf der Frontplatte des XD1-T befinden sich die zur Parametrierung notwendigen Bedienungselemente sowie alle Anzeigeelemente.

Somit ist es möglich, alle Einstellungen des Gerätes vorzunehmen bzw. zu ändern, ohne das Gerät von der Schnappschiene zu lösen.

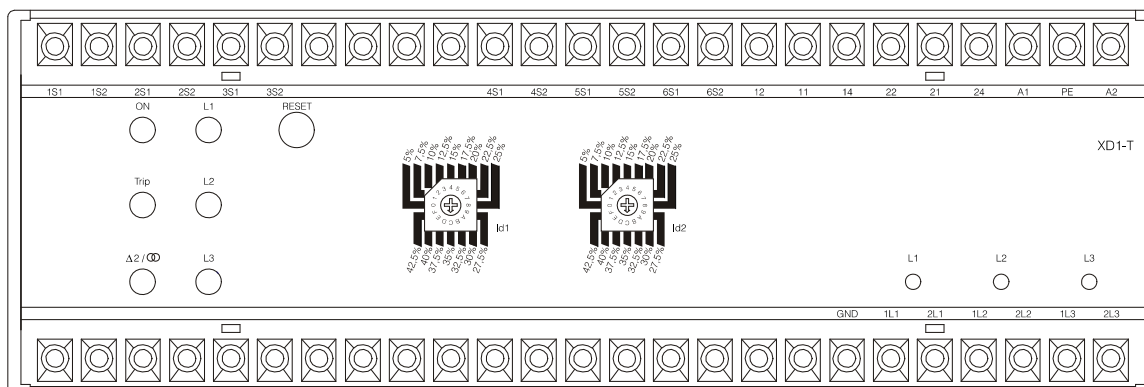


Abbildung 4.1: Frontplatte XD1-T

Zur Einstellung des Gerätes bitte die Klarsichtabdeckung des Gerätes wie dargestellt öffnen. Keine Gewalt anwenden! Die Klarsichtabdeckung bietet zwei Fächer zum Einschieben von Bezeichnungsschildern.

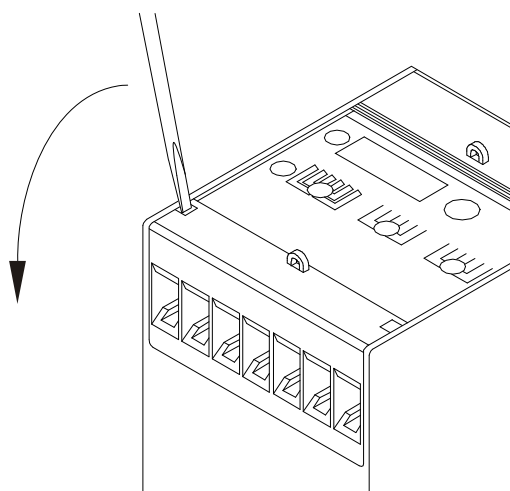


Abbildung 4.2: Öffnen des Gehäusedeckels

LEDs

Die LED "ON" dient zur Anzeige der Betriebsbereitschaft (bei anliegender Hilfsversorgungsspannung U_v). Die LEDs L1, L2, L3 und TRIP dienen zur Fehleranzeige. Die LED $\Delta 2/00$ zeigt die Stabilisierung gegen Einschalttrush an bzw. die Umschaltung auf die Grobmessstufe an (nur bei Zusatzausrüstung SAT).

Reset-Taster

Der Reset-Taster dient zum Quittieren und Rücksetzen der Leuchtdioden nach der Auslösung.

Potentiometer

Die 3 Potentiometer unten rechts auf der Frontplatte dienen zum Abgleich der Anpasswandler (Siehe hierzu Kapitel 5.3.1).

4.1 Einstellen der Parameter mittels Stufenschalter

Das XD1-T besitzt zwei Stufenschalter zur Einstellung der Auslösekennlinie.

Der Parameter Id1 dient zur Einstellung des unteren Kennlinienbereiches. Der Einstellwert Id1 bezieht sich auf den Nennstrom des Relais und ist unabhängig vom Durchgangsstrom.

Der Parameter Id2 dient zur Einstellung des oberen Kennlinienbereiches. Der Einstellwert Id2 bezieht sich auf den Stabilisierungsstrom Is. Hierbei ist Is der Strom, der durch die Schutzzone fließt. Der Kennlinienbereich von Id2 ist bei hohen Durchgangsströmen, z. B. externe Fehler, wirksam. Je höher der Strom des externen Fehlers, desto größer ist die stabilisierende Komponente. Bei Fehlerströmen, die den gesamten Schutzbereich durchfließen, können große Differenzströme auftreten, die beispielsweise vom Transformator-Stufenschalter oder durch beginnende Sättigung der Stromwandler hervorgerufen werden. Die geneigte Kennlinienform verhindert Fehlfunktionen des Relais unter derartigen Bedingungen.

Durch das Zusatzmodul SAT wird die Auslöse-Charakteristik, wenn die Messschaltung die zuvor beschriebenen transienten Vorgänge ermittelt, von der „Feinmessstufe“ auf die „Grobmessstufe“ umgeschaltet. Die fest-gelegten Auslösewerte für die Grobmessstufe sind:

$$I_{d1} = 100\% \times I_n$$
$$I_{d2} = 60\% \times I_s$$

4.2 Einstell-Empfehlung

Die Auslöse-Charakteristik sollte entsprechend der bekannten Abweichung des Sekundärstromes, der das Relais speist, plus einem Sicherheitsbereich von 10 bis 15% gewählt werden. Diese Einstellung verhindert Fehlauselösungen unter normaler Belastung des Transformators. Die Abweichung der Sekundärströme kann folgende Ursachen haben:

- Übersetzungsfehler und Phasenverschiebung der Stromwandler. Beispiel: Für Schutzwandler der Klasse 10P20 beträgt der Übersetzungsfehler bei Nennstrom maximal 3%. Bei 20 x Nennstrom steigt der Fehler auf ca. 10%.
- Automatische Transformator-Stufenschalter variieren das Verhältnis des zu schützenden Transformators mehr als $\pm 10\%$. Dadurch verändert sich das Strom-Verhältnis um den gleichen Prozentsatz.
- Die Abweichung, die sich durch die Transformator-Schaltgruppe ergibt, sollte durch die internen Stromwandler und deren Bürden kompensiert werden.

In Anbetracht des obigen Beispiels sollten für die beiden Parameter I_{d1} und I_{d2} folgende Einstellungen vorgenommen werden:

- 3% plus 3% für den Wandlerfehler
- 10% für den Transformator-Stufenschalter
- 15% als Sicherheitsbereich

Somit ergibt sich ein rechnerischer Einstellwert von 31%. Der nächste, mögliche Einstellwert beträgt 30%. Deshalb werden beide DIP-Schalter auf 30% eingestellt. Das untenstehende Bild zeigt hierzu sowohl die DIP-Schalter Positionierung sowie die aktuelle Auslöse-Kennlinie.

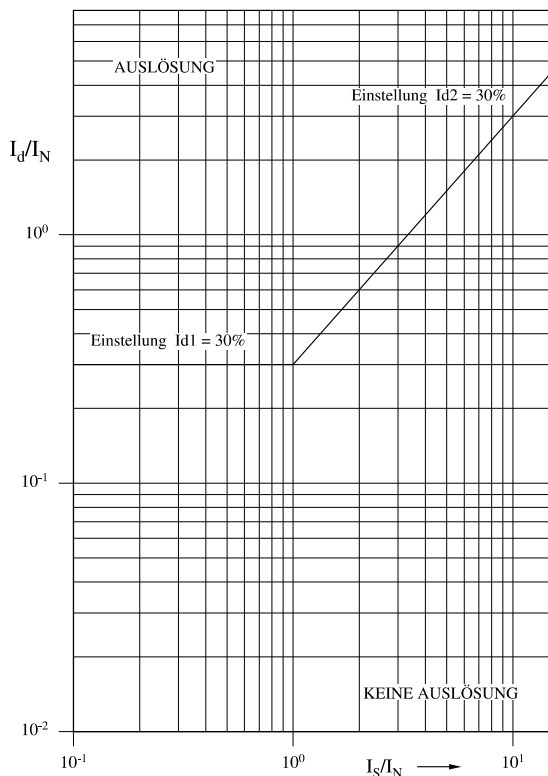


Abbildung 4.3: Beispielkennlinie

Hierzu sind die Stufenschalter für I_{d1} und I_{d2} wie folgt einzustellen:

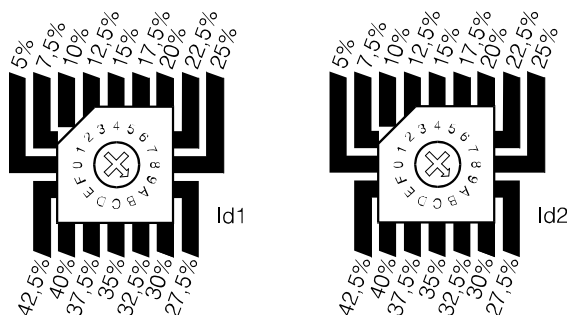


Abbildung 4.4: Einstellen der Stufenschalter

5. Test des Relais und Inbetriebnahme

Der korrekte Anschluss der Primär- und Sekundär-Seite der Stromwandler sowie der korrekte Anschluss und Einstellung der internen Anpasswandler sind die Voraussetzungen für die fehlerfreie Funktion des Differenzialschutzrelais.

Deshalb ist zu beachten:

Das Bestellformular sollte mit großer Sorgfalt ausgefüllt werden. Das Transformator-Differenzialschutz-Relais wird nach diesen Angaben bei Woodward voreingestellt.

Die folgenden Testanweisungen dienen zum Prüfen der Gerätefunktionen und zur Inbetriebnahme. Um ein Zerstören des Gerätes zu vermeiden und eine korrekte Funktionen zu gewährleisten, müssen folgende Punkte beachtet werden:

- Die Geräte-Nennhilfsspannung muss mit der gegebenen Hilfsspannung vor Ort übereinstimmen.
- Der Gerätenennstrom muss mit den gegebenen Stationswerten übereinstimmen.
- Die Stromwandler müssen korrekt angeschlossen werden.
- Alle Messkreise sowie die Ausgangsrelais müssen korrekt angeschlossen werden.

5.1 Anschließen der Hilfsspannung

Hinweis!

Vor Anschluss des Gerätes an die Hilfsspannung muss sichergestellt sein, dass diese mit der auf dem Typenschild angegebenen Geräte-Nennhilfsspannung übereinstimmt.

5.2 Test mit Wandlersekundärstrom (Sekundärtest)

- Benötigte Geräte:
- Einstellbare Stromquelle mit einem Einstellbereich bis zum zweifachen Nennstrom des Relais
- Strommesser der Klasse 1
- Hilfsspannungsquelle, passend zur Geräte-Nennhilfsspannung
- Leistungsdiode (10A)
- Schaltgerät
- Messleitungen und Werkzeug

Hinweis!

Bevor der Test mittels sekundärseitigem Strom eingeleitet wird, sollte sichergestellt werden, dass das Relais keine Schalthandlungen in der Anlage vornehmen kann (Abschaltgefahr).

5.2.1 Auslöse-Parameter Id1

Zum Überprüfen der Auslösewerte ist ein Strom in Phase 1 einzuprägen, der geringer als der eingestellte Wert ist. Der Strom wird nun solange erhöht, bis das Relais auslöst. Der Auslösewert sollte übereinstimmen mit:

- $1,73 \times I_{d1}$ -Einstellung, wenn das Relais am Transformator-Sternpunkt angeschlossen wird.
- $1,0 \times I_{d2}$ -Einstellung, wenn das Relais an die Dreieckswicklungen des Transformators angeschlossen wird.

Der Test ist anschließend auch für die Phasen 2 und 3 durchzuführen.

Die unterschiedlichen Auslösewerte hängen von den internen Anpasswandlern ab. Die Anpasswandler der Stern-Wicklungen sind intern im Dreieck geschaltet und übertragen den Strom im Verhältnis $1:\sqrt{3}$. Die Anpasswandler der Dreieck-Wicklungen sind intern im Stern geschaltet. Deshalb ist das Übertragungsverhältnis hierbei 1,0.

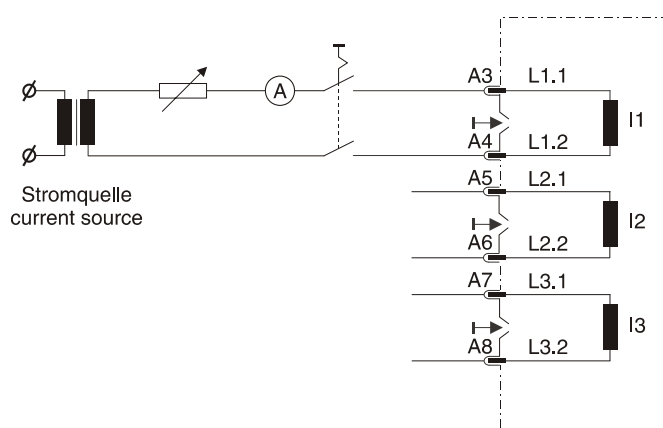


Abbildung 5.1: Testschaltung zum Überprüfen der Auslösewerte

5.2.2 Einschaltstrom-Blockierung

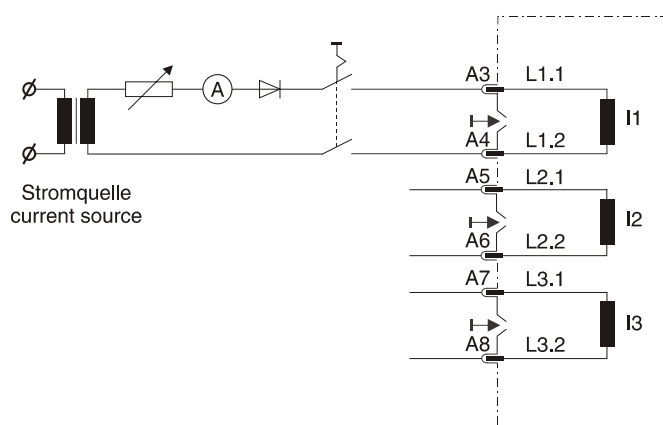


Abbildung 5.2: Beispiel zum Testen der Einschaltblockierung:

Die Stromquelle wird auf ca. $1,5 \times I_n$ eingestellt. Nach Aus- und Wiedereinschalten der Quelle muss die LED der Einschaltstrom-Blockierung aufleuchten. Es darf keine sofortige Auslösung erfolgen. Nach Ablauf der Blockierzeit (3,5 s) erlischt die LED und das Relais löst aus. Anschließend ist die Stromquelle auszuschalten. Bei der Benutzung der Zusatzausrüstung SAT reduziert sich die Auslösezeit auf 1,7 s.

5.3 Test mit Wandlerprimärstrom (Primärtest)

Um den richtigen Anschluss der Haupt-Stromwandler und die dazu passenden internen Messwerte zu überprüfen, muss der Transformator in Betrieb sein. Um auswertbare Messwerte zu erhalten, sollte der Transformator zu mindestens 50% belastet werden. Der Magnetisierungsstrom des Transformators hat bei kleineren Lastströmen eine größere Beeinflussung des Testergebnisses zur Folge. Vor Testbeginn ist sicherzustellen, dass der Auslösekreis des Differenzialschutz-Relais blockiert ist und somit keine ungewollte Auslösung erfolgt. Während des Testes sollte beispielsweise ein Überstrom-Schutzrelais den Transformator vor einem eventuellen Fehler schützen.

5.3.1 Abgleich der Anpasswandler

Der korrekte Anschluss und der genaue Abgleich der Stromwandler kann mit Hilfe eines Spannungsmessers überprüft werden. Dazu sind auf der unteren Klemmleiste 7 Klemmen vorgesehen. Die dazugehörigen Abgleich-Potentiometer befinden sich über diesen Klemmen. Die Potentiometer ermöglichen den Ausgleich der Hauptstromwandlerunterschiede um bis zu 15 % I_N .

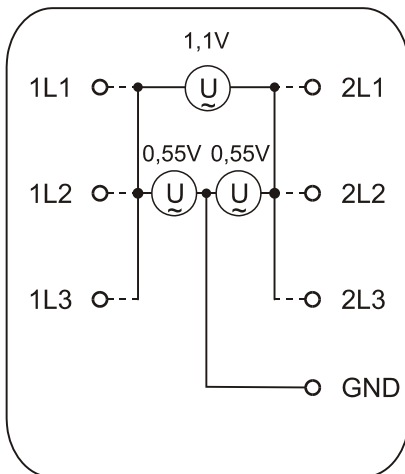


Abbildung 5.3: Anschluss eines Spannungsmessgerätes

Die folgende Tabelle gibt Aufschluss über die Messergebnisse unter Normal-Bedingungen:

a)	Messung 1 (1L1 - GND) Messung 2 (2L1 - GND) Messung 3 (1L1 - 2L1)	550 mV 550 mV 1100 mV	Anschluss in Ordnung
b)	Messung 1 (1L1 - GND) Messung 2 (2L1 - GND) Messung 3 (1L1 - 2L1)	550 mV 550 mV 0 mV	Stromrichtung eines Wandlers (S1 und S2) vertauscht
c)	Messung 1 (1L1 - GND) Messung 2 (2L1 - GND) Messung 3 (1L1 - 2L1)	550 mV 550 mV 550 mV	Phasenlage vertauscht (z.B. ein Strom von Phase L1 der andere Strom von Phase L2)
d)	Messung 1 (1L1 - GND) Messung 2 (2L1 - GND) Messung 3 (1L1 - 2L1)	550 mV 550 mV 950 mV	Stromrichtung und Phasenlage eines Wandlers vertauscht

Tabelle 5.1: Sollwerte zum Abgleichen der Anpasswandler

Zum Messen der stromproportionalen Spannungen ist ein digitales Multimeter mit 2 V AC Messbereichsendwert zu verwenden. Alle Messwerte in der dargestellten Tabelle sind auf den Nennstrom bezogen. Bei kleineren Strömen können die Messwerte proportional umgerechnet werden. Es ist zu beachten, dass aufgrund der Wandlerfehler sowie der Magnetisierungsfehler, die Messwerte bis zu 10% vom theoretischen Wert abweichen können.

Der Nennlaststrom des Transformators wird generell mit der internen Messspannung von 550 mV übertragen. Die Amplituden der beiden Messspannungen einer Phase (z.B. 1L1 und 1L2) müssen gleich sein.

Der Phasenwinkel zwischen den Spannungen einer Phase muss 180° betragen.

Eine leichte Abweichung kann sich durch den Magnetisierungsstrom des Transformators ergeben.

Erfolgt die Messung zwischen 1L1 und 2L1, so ist das Messergebnis doppelt so groß wie bei der Messung zwischen L1 und GND. Falls ein Messwert vom erwarteten Wert abweicht, ist die gesamte Verdrahtung zum Relais, sowie der richtige Anschluss der Stromwandler zu überprüfen. Sollte trotz richtiger Verdrahtung der Messwert eine Abweichung aufweisen, so ist zu prüfen, ob die am Transformator angegebene Schaltgruppe mit der auf dem Typenschild angegebenen übereinstimmt.

Sollten bei der einphasigen Messung (z.B. 1L1 - GND) in einer Phase die Messwerte differieren, z.B.

1L1 - GND:	400 mV
2L1 - GND:	600 mV
1L1-2L1:	1000 mV

aber die Einzel-Messungen gleich der Summe der Spannung zwischen den Klemmen 1L1-2L1 ist, so kann ein Abgleich mittels der auf der Frontplatte angeordneten Potentiometer vorgenommen werden.

5.3.2 Funktionsprobe

Hinweis!

Entfernen Sie alle zur Inbetriebnahme notwendigen Leitungsverbindungen und führen die Funktionsprobe folgendermaßen durch:

Der Transformator sollte mit mindestens 50% belastet werden. Stellen Sie sicher, dass ein Auslösen des Transformator-Leistungsschalters keinen ungewollten Totalausfall verursachen kann.

Um das Differenzialschutz-Relais zum Auslösen zu bringen, müssen die Testklemmen einer Phase mittels einer Kurzschlussleitung gegen GND kurzgeschlossen werden (z.B. Verbindung zwischen 1L1 gegen GND).

Das Relais sollte unverzüglich auslösen. Andernfalls ist zu überprüfen, ob der Laststrom den Einstellwert von Id1 überschreitet.

6. Technische Daten

6.1 Gehäuse

Das XD1-T ist, wie alle Geräte der PROFESSIONAL LINE, für die Schnappschienebefestigung auf Hutschiene nach DIN EN 50022 vorgesehen.

Die Frontplatte des Gerätes wird durch eine plombierbare Klarsichtabdeckung geschützt (IP40).

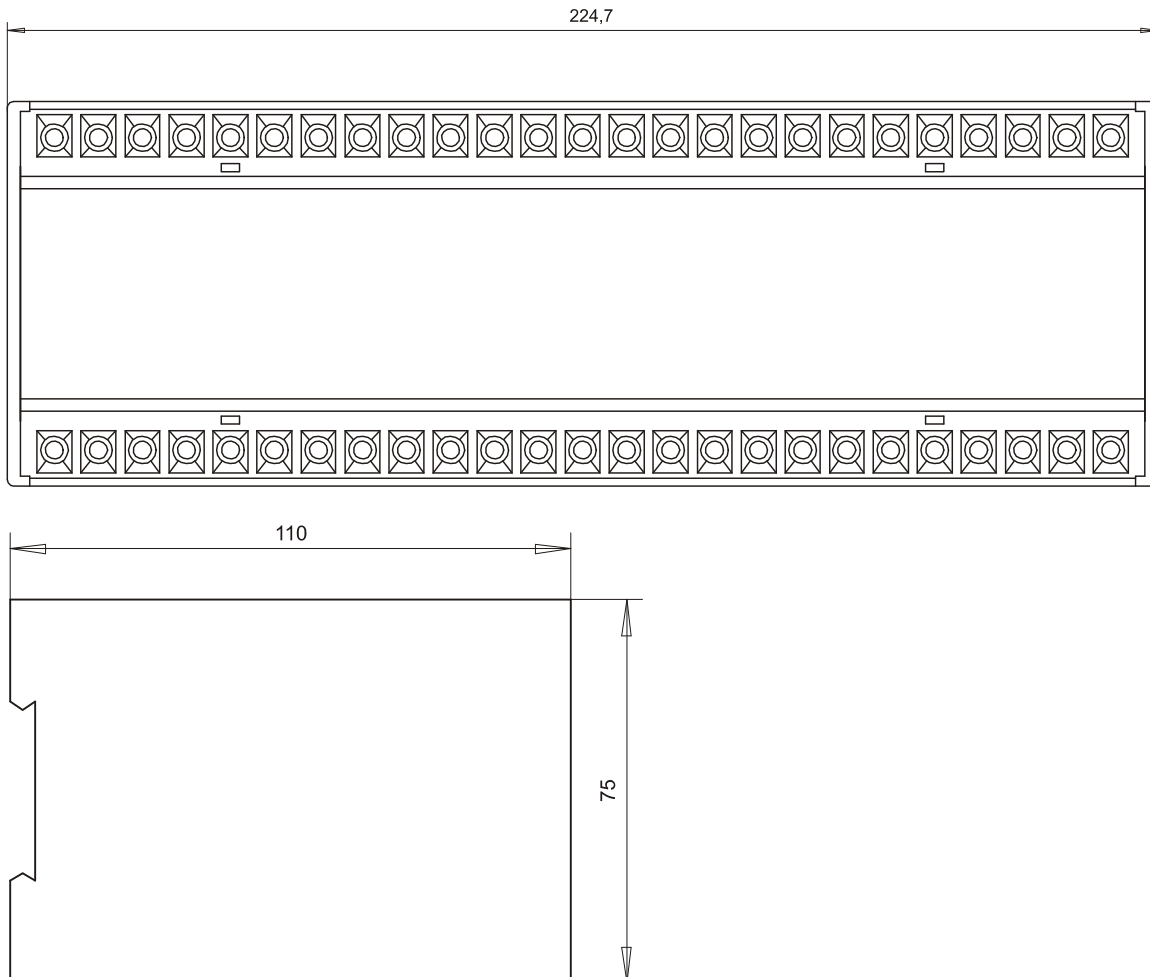


Abbildung 6.1: Maßbild

Anschlussklemmen

Die Anschlussklemmen des Gerätes ermöglichen den Anschluss bis max. 2 x 2,5 mm² Leiterquerschnitt. Dazu ist die Klarsichtabdeckung des Gerätes abzunehmen (Siehe Kapitel 4).

6.2 Technische Daten

Messeingang

Nennstrom	1 A / 5 A	
Nennfrequenz fN:	50 - 60 Hz	
Leistungsaufnahme im Strompfad:	bei $I_N = 1 A$	<0,1 VA
	bei $I_N = 5 A$	<0,5 VA
Thermische Belastbarkeit des Strompfades:	Stoßstrom (eine Halbwelle) während 1 s	250 x I_N
	während 10 s	100 x I_N
	dauernd	30 x I_N
		4 x I_N

Hilfsspannung

Nennhilfsspannung U_H :	35 - 275 V AC
	19 - 390 V DC

Gemeinsame Daten

Rückfallverhältnis:	>97%
Rücksetzzeit von Anregung:	<50ms
Rückfallzeit nach Auslösung:	100ms \pm 10ms
minimale Ansprechzeit:	40ms

Ausgangsrelais

Die Ausgangsrelais haben folgende elektrische Eigenschaften:
max. Schaltleistung 250 V AC / 1500 VA / Dauerstrom 6 A

Ausschaltleistung für Gleichspannung:

	ohmsch	L/R = 40 ms	L/R = 70 ms
300 V DC	0,3 A/90 W	0,2 A/63 W	0,18 A/54 W
250 V DC	0,4 A/100 W	0,3 A/70 W	0,15 A/40 W
110 V DC	0,5 A/55 W	0,4 A/40 W	0,20 A/22 W
60 V DC	0,7 A/42 W	0,5 A/30 W	0,30 A/17 W
24 V DC	6,0 A/144 W	4,2 A/100 W	2,50 A/60 W

Nenn-Einschaltspitzenstrom:	64 A (nach VDE 0435/0972 und IEC 65 / VDE 0860/8.86)
Einschaltstrom:	mind. 20 A (16 ms)
mech. Lebensdauer:	30 x 10 ⁶ Schaltspiele
elektr. Lebensdauer:	2 x 10 ⁵ Schaltspiele bei 220 V AC / 6 A
Kontaktmaterial:	Silber-Cadmium-Oxyd (AgCdO)

Systemdaten

Vorschriften: VDE 0435, T303; IEC 255-4; BS142

Klimabeanspruchung

Temperaturbereich bei Lagerung:	- 40°C bis +85°C
Betrieb:	- 20°C bis +70°C

Klimabeständigkeit Klasse F nach DIN 40040 und DIN IEC 68, T.2-3: über 56 Tage bei 40°C und 95% relative Feuchte

Hochspannungsprüfungen nach VDE 0435, Teil 303 und IEC 255-5 Isolationsprüfung: 2,5 kV (eff.), 50 Hz; 1 min

Stoßspannungsprüfung:	5 kV; 1,2/50 µs; 0,5 J
Hochfrequenzprüfung IEC 255-6:	2,5 kV / 1MHz
Störfestigkeit gegen Entladung statischer Elektrizität (ESD) nach VDE 0843, Teil 2 IEC 801-2:	8 kV
Störfestigkeit gegen elektromagnetische Felder nach VDE 0843, Teil 3; IEC 801-3:	10 V/m
Störfestigkeit gegen schnelle transiente Störgrößen (Burst) nach VDE 0843, Teil 4 IEC 801-4:	4 kV / 2,5 kHz, 15 ms
Funkentstörungsprüfung nach DIN/VDE 57871:	Grenzwert Klasse A
Mechanische Beanspruchung	
Schocken :	Klasse 1 nach DIN IEC 255 Teil 21-2
Schwingen:	Klasse 1 nach DIN IEC 255 Teil 21-1
Schutzart Gerätefront:	IP40 bei geschlossener Frontabdeckung
Gewicht:	ca. 1,5 kg
Einbaulage:	beliebig
Gehäusematerial:	selbstverlöschend
Überspannungsklasse:	III

Auslösekennlinien

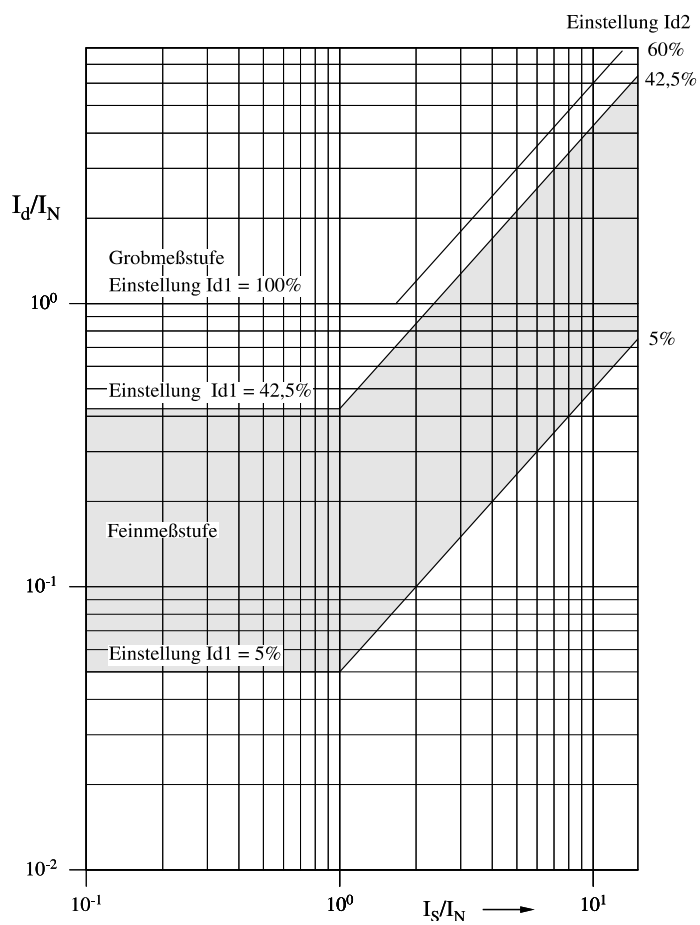


Abbildung 6.2: Auslösebereich

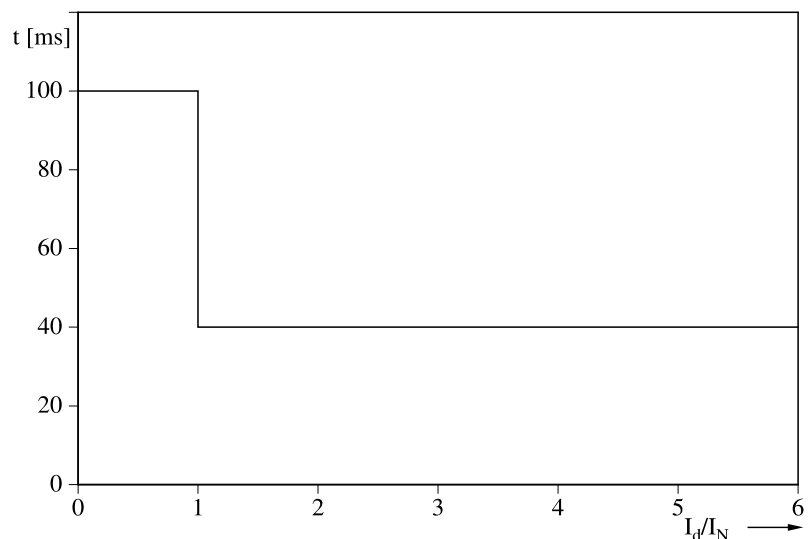


Abbildung 6.3: Auslösezeit

Genauigkeitsangaben

für $I_S < I_N$:

$$f = \left| \frac{I_{dAusl} - I_{dEinst}}{I_N} \right| \cdot 100\%$$

für $I_S \geq I_N$:

$$f = \left| \frac{I_{dAusl} - I_{dEinst}}{I_S} \right| \cdot 100\%$$

mit

f = relativer Fehler

I_S = stabilisierender Strom

I_N = Nennstrom

I_{dAusl} = gemessener Strom I_d , der zur Auslösung führt

I_{dEinst} = am Differenzialschutz eingestellter Strom für I_d

Hinweis:

Genauigkeitsangaben setzen eine exakt eingestellte Anpassung der Transformatorgruppe voraus

Grundfehler im

- Temperaturbereich $-5^\circ\text{C} \dots 40^\circ\text{C}$ $f \leq 2,5 \%$
- Frequenzbereich $50 \text{ Hz} \dots 60 \text{ Hz}$: $f \leq 2,5 \%$

Beim Abweichen der Einflussgrößen Temperatur und Frequenz von den Bezugswerten sind die folgenden Zusatzfehler zum Grundfehler zu addieren.

Zusatzfehler bei

- Temperaturen von $-20^\circ\text{C} \dots 70^\circ\text{C}$: $f_{zus} < 2,5 \%$
- Frequenzen von $45 \text{ Hz} \dots 66 \text{ Hz}$: $f_{zus} = 1 \%$

7. Bestellformular

Differenzialschutzrelais		XD1-				
Transformatorschutz (Zweiwickler)			T			
Primärer Nennstrom	1 A			1		
	5 A			5		
Sekundärer Nennstrom	1 A				1	
	5 A				5	
ohne Selbsthaltung						*
Selbsthaltung und manuelles Rücksetzen						SP
ohne Stromwandlersättigung						*
Zusatz für sicheres Arbeiten bei Stromwandlersättigung ¹						SAT

* Feld bitte freilassen, wenn Option nicht gewünscht

Nennleistung des Transformators		MVA		
Schaltgruppe				
Spannung	Oberspannung			kV ± %
	Unterspannung			
Wandlerübersetzung	Oberspannung		/	
	Unterspannung		/	
Nennstrom	Oberspannung		/	
	Unterspannung		/	

Achtung: (Hinweis bitte unbedingt beachten!)

Das Verhältnis der Nennströme des Transformators zu den Nenndaten der Wandlerübersetzung muss mindestens 50 % bis max. 110 % betragen, so dass auf der Sekundärseite der Wandler für den Abgleich des Gerätes ein sekundärer Nennstrom bei 5 A (1 A) Geräten von mindestens 2,5 A (0,5 A) bis maximal 5,5 A (1,1 A) entsteht. Wir bitten dieses bei der Auslegung ihrer Wandler zu beachten.

Bitte überprüfen Sie mit Hilfe folgender Formel die Richtigkeit ihrer Angaben: $S = U \cdot I \cdot \sqrt{3}$

Einstell-Liste XD1-T

Projekt: _____ Woodward-Kom.-Nr.: _____

Funktionsgruppe: = _____ Ort: + _____ Betriebsmittelkennzeichnung: - _____

Relaisfunktionen: _____ Datum: _____

Einstellung der Parameter

Funktion		Einheit	Werks- einstellung	Aktuelle Einstellung
Id1	Differenzstrom 1	% In	5	
Id2	Differenzstrom 2	% In	5	

**Woodward Kempen GmbH**

Krefelder Weg 47 · D – 47906 Kempen (Germany)
Postfach 10 07 55 (P.O.Box) · D – 47884 Kempen (Germany)
Telefon: +49 (0) 21 52 145 1

Internet

www.woodward.com

Vertrieb

Telefon: +49 (0) 21 52 145 216 or 342 · Telefax: +49 (0) 21 52 145 354
e-mail: salesEMEA_PG@woodward.com

Service

Telefon: +49 (0) 21 52 145 614 · Telefax: +49 (0) 21 52 145 455
e-mail: SupportEMEA_PG@woodward.com