



EREA
TRANSFORMERS

erea • energy • engineering



Dimensionierung des Leitungsschutzes eines Transformators

Dimensionierung des Leitungsschutzes eines Transformators

Zusammenhang zwischen Einschaltstrom und Leitungsschutz

Bei der Auswahl des Leitungsschutzes eines Transformators wird der **Einschaltstrom** oft unterschätzt. In dem Moment, in dem der Transformator unter Spannung gebracht wird, muss der vollständige Eisenkern „magnetisiert“ werden. Während dieses Vorgangs, der nur Sekundenbruchteile dauert, zieht der Transformator eine Stromspitze aus dem Elektrizitätsnetz. Dieser Einschaltstrom kann den Strom im Normalbetrieb um ein 25-Faches überschreiten, auch bei unbelastetem Transformator.

LEITUNGSSCHUTZ: automatische Sicherung, die die Leitung an ihrem Anfang vor überlastungs- oder kurzschlussbedingten Stromspitzen schützt.

Bei **kleineren Anlagen**, beispielsweise in Wohnungen, ist die Sicherung am Anfang der Anlage entscheidend für die möglichen Einschaltströme. Bei der Auswahl eines Transformators muss darum unbedingt erst überprüft werden, ob die Anlage diesen Transformator überhaupt problemlos einschalten kann. Andernfalls bietet **ERE verschiedene Lösungen** in Form von einschaltarmen Transformatoren und Einschaltstrombegrenzern.

In **industriellen Anwendungen**, bei denen die Kapazität des Elektrizitätsnetzes großzügiger ausgelegt ist, ist dies selten problematisch. Hier kann der Leitungsschutz fast immer optimal dimensioniert werden, Trotzdem bleibt das natürlich ein Aspekt, der immer sorgfältig beurteilt werden muss.

Grootte van de inschakelstroom

Die Größe des Einschaltstroms ist von mehreren Faktoren abhängig:

- **Baugröße des Transformators**

Natürlich steigt der Einschaltstrom in Abhängigkeit von der Baugröße des Transformators, da schließlich ein größeres Eisenvolumen magnetisiert werden muss.

- **Arbeitsinduktion des Transformators**

Dieser Bemessungsparameter des Transformators wird hauptsächlich von Gewicht, Abmessungen, Leerlaufstrom sowie auch vom Einschaltstrom vorgegeben. Darin müssen wir also einen Kompromiss suchen. Bei den IRC-Transformatoren hat ein niedriger Einschaltstrom eine ausschlaggebendere Rolle als bei einem Industrie-Transformator (z.B. SPT- oder ATT-Baureihe).

- **Impedanz des Stromnetzes**

Je größer die Impedanz, desto stärker wird der Einschaltstrom vom Netz unterdrückt. Ein ländlich gelegenes Wohnhaus wird oft über etliche Kilometer lange Kabel mit Strom versorgt. Die von diesem Kabel verursachte Impedanz wird den Einschaltstrom stark begrenzen. Hier ist die Gefahr von Einschaltproblemen somit eher gering. In einem Industriegebäude ist der Trafo dagegen mit einem kurzen, dicken Kabel an die Mittelspannungsschaltanlage angeschlossen. Dort ist folglich mit einem maximalen Einschaltstrom zu rechnen.

- **Zeitpunkt der Einschaltung**

Die Istspannung des Stromnetzes variiert entsprechend einer Sinusform. Fällt die Einschaltung exakt mit dem Nulldurchgang der Netzspannung zusammen, so tritt ein maximaler Einschaltstrom auf. Da der Einschaltzeitpunkt jeweils unterschiedlich sein kann, muss hier eine Zufallsabhängigkeit berücksichtigt werden. So ist es möglich, dass die Einschaltung mehrmals hintereinander problemlos verläuft – bis dann die Einschaltung genau im Nulldurchgang der Sinusschwingung erfolgt.

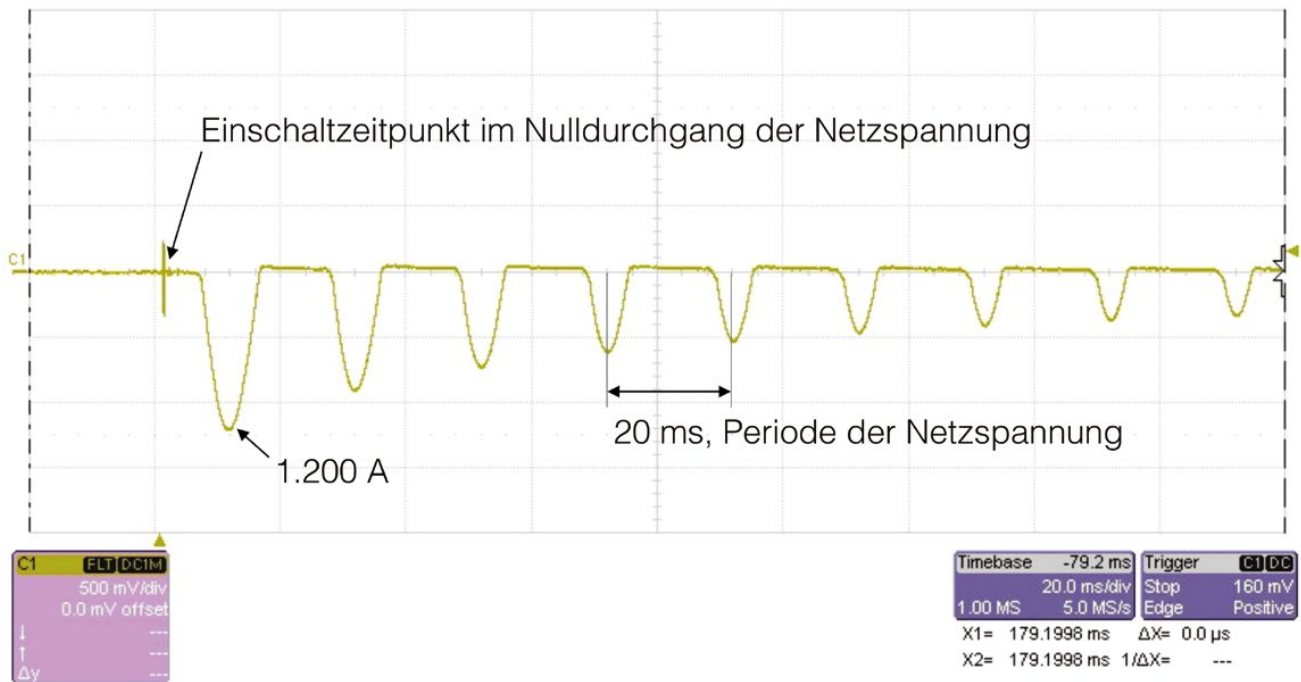
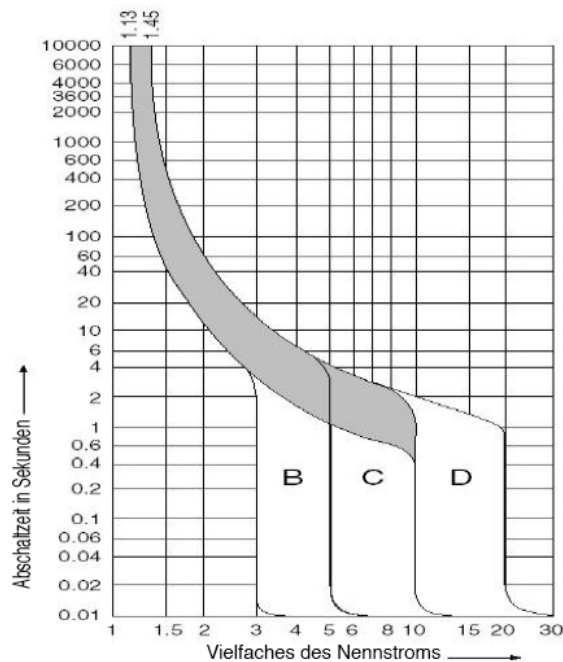


Abb. 1: Stromform bei der Einschaltung eines SPT 31500/BTE auf ein 400 V-Netz in einigen Metern Abstand von einer Mittelspannungskabine. Schlechtere Bedingungen für das Einschalten des Transformators gibt es nicht. Darum beläuft sich der maximale Spitzenstrom beim Einschalten auf fast 1200 A, also das 25-Fache des nominalen Primärstroms dieses Transformators.

Dimensionierung des Leitungsschutzes

Weil die Einschätzung der realen Netzimpedanz sich in der Praxis oft als schwierig erweist, entscheidet man sich oft für eine **Sicherheit**. Dann wird der Transformator primär abgesichert (geschützt) mit einem Typ-D-Schutzschalter für große Einschaltströme oder einer aM-Schmelzsicherung mit einem Stromwert vom 1,5- bis 2-Fachen des nominalen Primärstroms des Transformators.

Abb. 2: Kennlinien verschiedener Leitungsschutzschalter. Ein D80-Schutzschalter ist beispielsweise zur Verarbeitung von Einschaltströmen von 1200 A (15x80 A) in der Lage. Somit ist der D80-Schutzschalter für die in Abbildung 1 gezeigte Situation ausreichend.



Obwohl die D-Schutzschalter (also die trägeren Schutzschalter) oder aM-Schmelzsicherungen zu bevorzugen sind, ist es auch **möglich, einen C-Schutzschalter** (flinkeren Schutzschalter) **oder eine gG-Schmelzsicherung** zu wählen. Bei diesen ist ein kleineres Verhältnis zwischen dem zulässigen Spitzenstrom und dem nominalen Strom gegeben. Um den Transformator immer wieder problemlos einschalten zu können, muss die Sicherung somit einen höheren Nennstrom haben. Einerseits hat dies zur Folge, dass das Versorgungskabel zum Transformator dicker ausgelegt werden muss, andererseits bietet der überdimensionierte Leitungsschutz einen schlechteren Überlastungsschutz. Außerdem ist dann möglicherweise aufgrund des höheren Nominalwerts der Sicherung auch noch eine Netzverstärkung erforderlich.

Der **Transformator** beeinflusst nur die Auswahl von Strom und Kennlinie der Sicherung, die als Leitungsschutz dient. Andere Parameter, wie z. B. der Kurzschlussstrom des Schutzschalters und die Dimensionierung eines dazu passenden Fehlerstromschalters sind nicht von den Eigenschaften des jeweiligen Transformators abhängig, sondern von denselben Faktoren wie in allen anderen Stromkreisen.

In unserer technischen Dokumentation und auf unserer Webseite finden Sie für **jeden Standardtrafo auch die Angabe einer empfohlenen Sicherung**. Diese Werte sind rechnerisch darauf ausgelegt, den Transformator immer wieder aufs Neue problemlos einschalten zu lassen. Für kritische, oft industrielle Anwendungen, in denen das Stromnetz sehr unflexibel ist, sollte vorzugsweise ein D-Schutzschalter (oder eine aM-Schmelzsicherung) gewählt werden. Unter weniger schweren Bedingungen können Sie sich auch für einen C-Schutzschalter oder eine gG-Schmelzsicherung entscheiden.

Im Einzelfall sind die empfohlenen Schutzschalter möglicherweise **in einer bestimmten Anlage nicht realisierbar**, beispielsweise in einer Wohnung, in der der Schutzschalter am Anfang der Anlage bereits eine höhere Ansprechempfindlichkeit hat als der für den Transformator empfohlene Schutzschalter.

Die einfachste Lösung besteht darin, die **höchste realisierbare Sicherung** zu wählen. Bei einer durchschnittlichen oder hohen Netzimpedanz besteht die Möglichkeit, dass der Schutzschalter gar nicht oder nur sporadisch abschaltet. Denken Sie dabei immer daran, dass der Einschaltstrom jedes Mal im Einschaltzeitpunkt eintritt. Gerade wenn der Transformator fortlaufend unter Spannung steht, besteht das Risiko der Abschaltung nur bei einer gelegentlichen Unterbrechung der Netzspannung. Aber es versteht sich von selbst, dass diese Notlösung aufgrund der Unsicherheit keinesfalls optimal ist.



Einschaltstromarme Transformatoren

Für den Bau einer zuverlässigeren Anlage kann EREA mit mehreren spezifischen Lösungen aufwarten.

1. Einschaltstromarme Transformatoren

Eine zuverlässige Lösung ist die Entscheidung für einen **einschaltstromarmen Transformator**. Bei dieser Bauart wird der Kern weniger stark magnetisiert (man spricht dann von einem „niederinduktiven“ Transformator). Diese Transformatoren haben schon von sich aus einen niedrigeren Einschaltstrom und können mit einem C-Schutzschalter abgesichert werden, der nicht überdimensioniert zu werden braucht. Der Nachteil besteht dann aber bei diesen Transformatoren darin, dass zur Übertragung derselben Leistung mehr Kernmaterial und/oder Kupferwindungen erforderlich sind. Dadurch sind sie größer und teurer als die Standard-Transformatoren.

EREA führt zurzeit 2 Baureihen von IRC-Transformatoren im Sortiment. Beide Transformator-Baureihen wurden zwar im Hinblick auf eine spezifische Anwendung entwickelt, sind aber universell einsetzbar:

- In den Standard-EC- und ECT-Baureihen von EREA führen wir derzeit **3 einphasige einschaltstromarme (EC-)Transformatoren** und **3 dreiphasige (ECT-)Modelle**. Die Leistungsreihe dieser Transformatoren ist hauptsächlich auf das Laden von Elektrofahrzeugen abgestimmt.
- In der Standard-PVT-Baureihe führt EREA zehn **3-Phasen-Transformatoren (PVT)** im Sortiment. Diese Transformatoren im Leistungsbereich von 6 kVA bis 70 kVA sind hauptsächlich auf den Einsatz bei der Kopplung von Umrichtern für PV-Anlagen oder zur Kopplung von Wärmepumpen abgestimmt.

Finden Sie für jedes Projekt problemlos den perfekten Transformator. Mit Hilfe unserer Schnellauswahlkarten finden Sie im Handumdrehen genau den Trafo, den Sie brauchen.

Brauchen Sie einen einschaltstromarmen Transformator für Ihre Ladesäulen-Anlage? [Laden Sie die Schnellauswahlkarte herunter](#), die Sie problemlos zum richtigen Produkt führt.



Brauchen Sie einen einschaltstromarmen Trafo für die Installation von Photovoltaik- oder Wärmepumpen-Anlagen?
[Diese Schnellauswahlkarte](#) bringt Sie ganz schnell zur richtigen Transformator-Lösung.



Jeder Transformator kann auf Anfrage als einschaltstromarme Variante ausgeführt werden.

Zum Laden von Elektroautos sind verschiedene einschaltstromarme Transformatoren als Standard-Ausführung verfügbar. Weitere Informationen finden Sie auf unserer Website.

Einphasig **Dreiphasig**

2. Einschaltstrombegrenzer (IRC).

Eine andere Lösung besteht in der Entscheidung für einen Einschaltstrombegrenzer.



Einerseits führen wir in unserem Lieferprogramm [Einschaltstrombegrenzer \(IRC\)](#). Diese Geräte werden vor dem Transformator angeordnet. Sie sorgen dafür, dass während des Einschaltvorgangs kurzfristig die Netzimpedanz erhöht wird. Dadurch verläuft die Kernmagnetisierung ruhiger. Dies ist für Transformatoren mit einem Primärstrom bis zu 25 A möglich. Bei Dreiphasen-Transformatoren sind dann 3 Einschaltstrombegrenzer vorzusehen.

Schaltplan Einphasen-Transformator

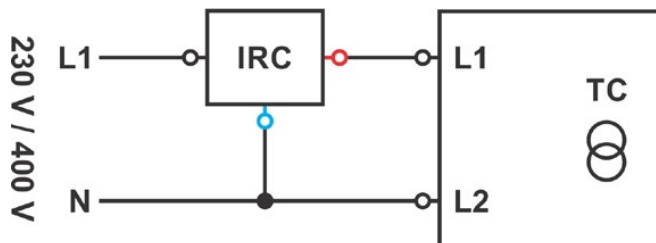


Abb. 3: Schaltplan für einen Einschaltstrombegrenzer für einen einphasigen Transformator

Schaltbild Dreiphasen-Transformator

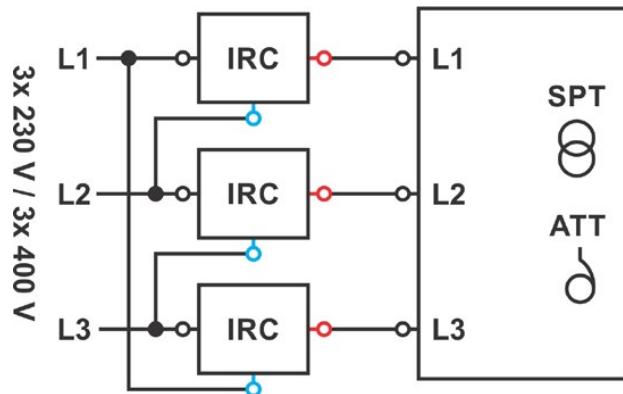


Abb. 4: Schaltplan für einen Einschaltstrombegrenzer für einen Dreiphasen-Transformator, gespeist aus einem 3x 230 V- oder 3x 400 V-Netz ohne Nullleiter.

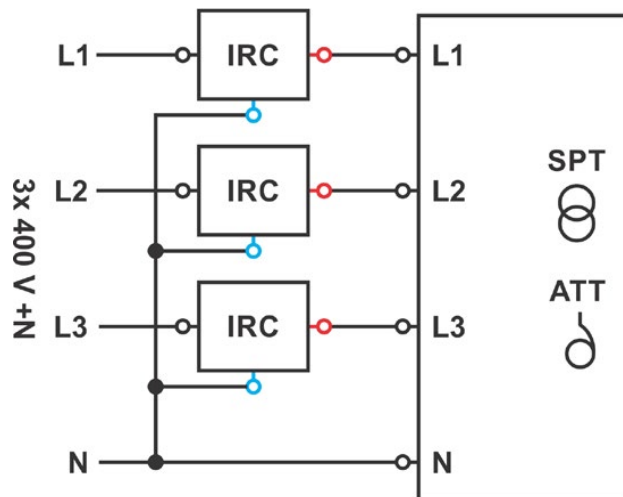


Abb. 5: Schaltplan für einen Einschaltstrombegrenzer für einen Dreiphasen-Transformator, gespeist aus einem 3x 400 V-Netz mit Nullleiter.



EREA
TRANSFORMERS

erea • energy • engineering

Möchten Sie sich bei der Ausarbeitung Ihres Projekts
beraten lassen?

Unsere engagierten und erfahrenen Mitarbeiter
sind Ihnen gern behilflich!

EREA Energy Engineering

Ruggeveldstraat 1
2110 Wijnegem
BELGIEN

Tel.: + 32 3 355 16 00

Fax + 32 3 355 16 01

www.erea.be

Transforming

since 1933