

Kompensatoren. Die Spannungen den Kontrollpunkten weniger zulässigen Werte, und die restlichen Punkte - mehr zulässigen Werte.

Die Regulierung, in diesem Fall, ist die Umstellung VUL des Transformators oder die Senkung des Blindleistungsanteils von den Generatoren und den Kompensator unweit dieser Bezirke notwendig.

5. Bei der minimalen Herstellung des Blindleistungsanteils, die Spannung bei allen Punkten ist mehr zulässigen Werte.

In diesem Fall muss man für die Senkung der Spannung den Teil der Generatoren abschalten und die Kompensator im Regime Untererregung verwenden und, die Verluste des Blindleistungsanteils im Netz vergrößern.

LITERATUR

1. Барзам А.Б. Системная автоматика, 2 изд., М. - Л., 1964.
2. Маркович И.М. Режимы энергетических систем М.: Энергия, 1969;
3. Мельников Н.А., Солдаткина Л.А. Регулирование напряжения в электрических сетях, М., 1968.

DER TRANSFORMATOR UND SEIN FUNKTIONSPRINZIP

Н. А. Здвижкова

Polytechnische Universität Tomsk

Abstract

Transformatoren dienen vielfach zur Spannungswandlung in Energieversorgungsanlagen und in technischen Geräten z. B. zur Bereitstellung von Kleinspannungen. Weiterhin werden sie bei der Signalübertragung und der Schutztrennung benötigt. Am öftesten werden die Transformatoren in den Stromnetzen und in den Stromquellen verschiedener Geräte verwendet.

Schlüsselwörter: Draht- oder Bandwickeln, die Magnetkreis, die Wicklung, die Wechselspannungen.

Einführung

Die Aktualität des Artikels besteht darin, die Dynamik der Nutzung der Transformatoren zu schildern.

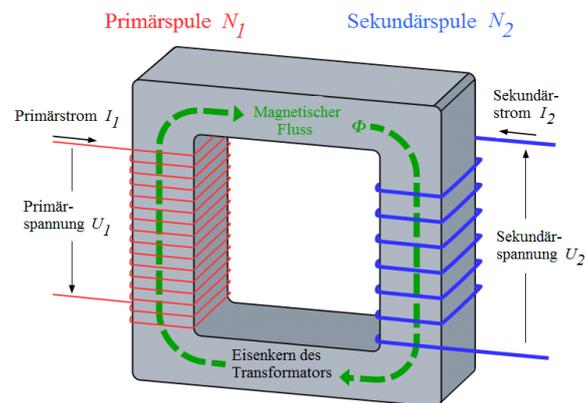
Das Ziel der Arbeit wird durch die Notwendigkeit bedingt, die Vorteile der Transformatoren zu aktualisieren.

Das Objekt der Forschung ist ein Transformator, der die Spannung erhöht oder verringert.

Ein Transformator ist ein Bauelement oder eine Anlage der Elektrotechnik.

Er besteht aus einem magnetischen Kreis – meist einem Ferrit- oder Eisenkern –, um den die Leiter mindestens zweier verschiedener Stromkreise so gewickelt sind, dass der Strom jedes Stromkreises mehrfach um den Kern herumgeführt wird. Speist man eine dieser Wicklungen mit einer Wechselspannung, stellt sich an der anderen Wicklung ebenfalls eine Wechselspannung ein, deren Höhe sich zu der ursprünglichen

angelegten Spannung so verhält wie das Verhältnis der Windungszahlen beiden Wicklungen.



Die Skizze eines Transformators

Idealtypisch besteht ein Transformator aus einem magnetischen Kreis, welcher als Transformator Kern bezeichnet wird, und aus mindestens zwei Wicklungen besteht. Die der elektrischen Energiequelle zugewandte Wicklung wird als Primärseite (von lateinisch *primarius*, an erster Stelle) bezeichnet. Diejenige, an welcher sich die elektrische Last befindet, wird als Sekundärseite bezeichnet (von lateinisch *secundarius*, an zweiter Stelle).

Die Wirkungsweise lässt sich durch die folgenden Mechanismen beschreiben:[1]

Eine Wechselspannung auf der Primärseite des Transformators bewirkt entsprechend dem Induktionsgesetz einen wechselnden magnetischen Fluss im Kern. Der wechselnde magnetische Fluss wiederum induziert auf der Sekundärseite des Transformators eine Spannung (Spannungstransformation).

Ein Wechselstrom in der Sekundärwicklung bewirkt dem Ampère'schen Gesetz entsprechend einen Wechselstrom in der Primärwicklung (Stromtransformation).

Bei niedriger Wechselstromfrequenz besteht der Eisenkern typischerweise aus einem ferromagnetischen Material hoher Permeabilität. Damit können gegenüber Transformatoren ohne Eisenkern hohe magnetische Wechselflussdichten und damit eine wesentlich höhere Windungsspannung erzielt werden, was gewährleistet, dass die übertragbare Leistung groß ist im Vergleich zur Verlustleistung, die durch den ohmschen Widerstand in den Wicklungen entsteht. Einfach ausgedrückt, benötigt ein Transformator mit Eisenkern wesentlich weniger Windungen auf den Wicklungen als ein Trafo ohne Eisenkern.

Zum magnetischen Fluss im Unterpunkt 1 gehört ein Magnetfeld, welches ähnlich wie in einem Elektromagneten einen Stromfluss in der Primärspule bedingt. Der zum Aufbau des magnetischen Feldes benötigte Strom heißt Magnetisierungsstrom. Der Primärstrom, der entsprechend Unterpunkt 2 von der Stromtransformation herrührt, heißt primärer Zusatzstrom. Er fließt zusätzlich zum Magnetisierungsstrom und ist in der Regel als Wirkstrom wesentlich größer als dieser.

Unter einem idealen Transformator versteht man einen in der Praxis nicht realisierbaren verlustfreien Transformator. Diese Modellvorstellung ist hilfreich bei

der Funktionsbeschreibung. In der Praxis treten mehr oder weniger große Abweichungen auf, die Gesetzmäßigkeiten gelten nur näherungsweise.

3D-Zeichnung eines typischen Netztransformators. Die innere Wicklung ist für Netzspannung (die Speisespannung) ausgelegt – erkennbar an der großen Windungszahl aus dünnem Draht. An der äußeren Wicklung wird die Ausgangsspannung entnommen. Sie ist meist wesentlich geringer und erfordert daher eine kleinere Windungszahl – der Strom ist jedoch höher, daher ist die Drahtdicke größer. Der Trafokern besteht aus dünnen Eisenblechen, die, um Wirbelströme zu vermeiden, gegeneinander isoliert sind.

Beim idealen Transformator sind die Spannungen an den Wicklungen aufgrund der elektromagnetischen Induktion proportional zur Änderungsgeschwindigkeit des magnetischen Flusses und zur Windungszahl der Wicklung. Daraus folgt, dass sich die Spannungen so zueinander verhalten wie die Windungszahlen. Sind N_1 , N_2 , U_1 und U_2 die Windungszahlen beziehungsweise die Effektivwerte der primär- und sekundärseitigen Spannungen, so gilt beim idealen Transformator

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{N_2}{N_1} \quad \text{bzw.} \quad U_2 = \frac{N_2}{N_1} \cdot U_1$$

Durch geeignete Wahl der Windungszahlen N_1 und N_2 können mit einem Transformator Wechselspannungen sowohl hochtransformiert werden, indem N_2 größer als N_1 gewählt wird, oder heruntertransformiert, wenn N_2 kleiner als N_1 gewählt ist.

Das Faradaysche Gesetz

Elektromotorische Kraft (EMK), im nochmaligen Wickeln geschaffen, kann von rechts anhand des Faradayschen Gesetzes berechnet werden, der lautet:

$$U_2 = -N_2 \frac{d\Phi}{dt}$$

wo

U_2 — die Anstrengung auf dem nochmaligen Wickeln,

N_2 — die Zahl der Windungen im nochmaligen Wickeln,

Φ — der summarische magnetische Strom, durch eine Windung des Wickelns.

Wenn die Windungen des Wickelns den Linien des magnetischen Feldes senkrecht sind, so wird der Strom zum magnetischen Feld B und der Fläche S , durch die er geht, proportional.

In der Energietechnik verbinden Transformatoren die verschiedenen Spannungsebenen des Stromnetzes miteinander. Maschinentransformatoren sind noch Teil der Kraftwerke und transformieren die im Generator induzierte Spannung zur Einspeisung in das Stromnetz in Hochspannung (in Westeuropa 220 kV oder 380 kV). Umspannwerke verbinden das überregionale Höchstspannungsnetz mit dem Mittelspannungsnetz der regionalen Verteilnetze. In Transformatorenstationen wird die Elektrizität des regionalen Verteilnetzes mit der Mittelspannung von 10 bis 36 kV zur Versorgung der Niederspannungsendkunden auf die im Ortsnetz verwendeten 400 V Leiter-Leiter-Spannung transformiert. Wegen der hohen übertragenen Leistungen

heißen die in der Stromversorgung verwendeten Transformatoren Leistungstransformatoren.

Das Transformatorprinzip findet in der Energietechnik auch in Stromwandlern Anwendung. Mit diesen werden hohe Stromstärken gemessen, indem der Strom zunächst heruntertransformiert wird. Stromwandler bestehen oft aus einem Ringkern mit Sekundärspule, der den Leiter umschließt, dessen Strom gemessen werden soll.

In Elektrogeräten wandeln Transformatoren die an der Steckdose anliegende Netzwechselspannung von typischerweise 230 V auf die Betriebsspannung von Elektrogeräten oder Halogen-Niedervolt-Leuchten um.

Netzteile von Elektronikgeräten enthalten entweder einen konventionellen Netztransformator, welcher mit Netzfrequenz und primärseitig direkt am Stromnetz betrieben wird, oder ein Schaltnetzteil, welches den Transformator mit einer höheren Frequenz als der Netzfrequenz betreibt. Schaltnetzteile finden sich in Steckernetzteilen (siehe nebenstehendes Bild), Netzteilen für Notebooks oder in PCs. Eine höhere Frequenz anstelle der Netzfrequenz ermöglicht bei gleicher Leistung einen wesentlich kleineren und damit leichteren Transformator und kleinere Tiefpass-Siebglieder zur Glättung der vom entsprechenden Gerät benötigten Gleichspannung.

Sicherheitstransformatoren liefern sekundärseitig eine Kleinspannung, z. B. 6 V, 12 V oder 24 V. Sie müssen kurzschlussfest sein und die Isolation der Sekundär- von der Primärwicklung muss durch eine Zwischenwand aus Isolationsmaterial sichergestellt werden. Zu den Sicherheitstransformatoren gehören Spielzeugtransformatoren wie beispielsweise Transformatoren für den Betrieb von Modelleisenbahnen und Klingeltransformatoren. Trenntransformatoren dienen primär dazu, eine galvanische Trennung zwischen Primär- und Sekundärseite zu erreichen. Sie sind daher meist symmetrisch aufgebaut, d. h., die Primärspannung entspricht der Sekundärspannung. Andererseits können Netztransformatoren in speziellen Fällen ohne galvanische Trennung als so genannte Spartransformatoren ausgeführt sein.

Ältere Fernsehgeräte oder Computermonitore mit Kathodenstrahlröhre enthalten einen Zeilentransformator, mit dem neben der Versorgung der Zeilen-Ablenkspulen auch die für die Beschleunigung der Elektronen erforderliche Spannung (20–30 kV) erzeugt wird. Mittelfrequenztransformatoren sind für Frequenzen von einigen Hundert Hertz bis zu einigen Kilohertz ausgelegt. Sie werden beispielsweise beim Widerstandsschweißen eingesetzt.

Transformatoren mit Primärspannungen bis 1000 V unterliegen in Deutschland der ersten Verordnung zum Geräte- und Produktsicherheitsgesetz, welche die europäische Niederspannungsrichtlinie umsetzt. Sie müssen die Norm EN 61558 erfüllen, was mit der CE-Kennzeichnung dokumentiert wird. Ein Transformator mit CE-Kennzeichnung kann ohne weitere Kontrollen und Prüfungen innerhalb der EU in den Verkehr gebracht werden.

Wirtschaftliche Aspekte

Eisenbahntransport eines Transformators mit einem Tragschnabelwagen

Der Weltmarkt für Transformatoren hat ein Jahresvolumen von ungefähr 10 Milliarden Euro. Er wird bisher von europäischen Gesellschaften dominiert, die jedoch zunehmend von asiatischen Unternehmen herausgefordert werden. Der größte

Absatzmarkt ist China mit ungefähr 25 % des Weltmarktvolumens, gefolgt von den USA, Japan und Deutschland. In reifen Märkten wie Europa oder den USA spielen Betriebskosten und energetischer Wirkungsgrad für die Absatzchancen eines Produktes eine große Rolle, während in jüngeren Märkten wie China verstärkt über den Preis verkauft wird.[2][3]

China ist auch der größte Transformatorproduzent der Welt: 90 % der dort verkauften Transformatoren werden in diesem Land gebaut, die meisten davon von ausländischen Gesellschaften. Die weltweit führenden Hersteller von Transformatoren sind ABB und Alstom. Weitere große europäische Hersteller sind Areva, Siemens und die 2005 von Siemens übernommene VA Technologie. Die führenden Anbieter der USA sind Cooper Industries, General Electric [2], [3].

LITERATUR

1. Karl Küpfmüller, Wolfgang Mathis, Albrecht Reibiger: Kapitel 29.3 Der Transformator In: Theoretische Elektrotechnik, Eine Einführung. 17. Auflage, ISBN 3-540-29290-X (Auszug in der Google-Buchsuche).
2. <https://de.wikipedia.org/wiki/Transformator> (29.03.2015)
3. Electronics Industry Market Research and Knowledge Network: Global Electricity Transformers Market is Expected to Exceed \$36.7 Billion by 2015.3. Dezember 2008.
4. Goulden Reports: The world markets and manufacturers of transformers 2005–2010/
5. http://www.gouldenreports.org/docs/20050501_TRANSFORMERS_SUMMARY_2005.pdf (29.03.2015)

COAL-WATER SLURRY

А. Зенков, Э. Я. Соколова
Tomsk Polytechnic University

The coal-water slurry (CWS) is non-Newtonian fluid, which has great potential for development as a fuel for direct burning in the furnace of a boiler or gasification. The coal-water slurry is a relatively new technology. Therefore, there are many different methods for its preparation. This paper focuses on the characteristic of this technology and shows the technologies of CWS transportation and storage.

Main characteristics of CWS are divided into two groups: ones, which concern fluidity (rheological characteristics, sedimentation) and ones, which relate to burning (full burning of the organic compounds, energy potential) [1].

CWS is a slurry mixture, where very fine coal particles are dispersed in water, exhibiting non-Newtonian fluid properties. Consequently, its fluidity characteristics are very important to evaluate the ways of its transportation and working conditions.

Technologies of transportation and storage of CWS can be classified as follows:

1. Transport via pipelines