

# Transformatorenkurzschlüsse

Von

**Dr. techn. Milan Vidmar**

ord. Professor an der jugoslawischen Universität Ljubljana



40 Abbildungen

---

Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH

1940

**Herausgeber dieses Heftes:  
Prof. Dr.-Ing. A. Leonhard, Stuttgart**

ISBN 978-3-663-06422-0      ISBN 978-3-663-07335-2 (eBook)

DOI 10.1007/978-3-663-07335-2

Softcover reprint of the hardcover 1st edition 1997

**Alle Rechte vorbehalten**

## Vorwort

Es war mir vergönnt, das Entstehen der ersten Riesen der Transformatorwelt mitwirkend zu erleben und die Erinnerung an die beiden Jahre 1912 und 1913, die ich in Budapest, mit Großtransformatorproblemen beschäftigt, verlebt habe, ist noch unverblaßt. Aus jener Zeit begleiten mich die Kurzschlußprobleme des Transformators durch das Leben.

Im Laufe der Jahre veröffentlichte ich mehrere Studien über das Kurzschlußstromkraftproblem des Transformators. Man findet sie in der Wiener Fachzeitschrift E. und M. und in meinen beiden Büchern: „Die Transformatoren“, „Der Transformator im Betrieb“. Sie lassen das irrende und wieder zurechtfindende Suchen beobachten, das keinem Forscher erspart bleibt.

Sie lassen auch erkennen, daß meine Aufmerksamkeit lange Jahre nur der Kurzschlußstromkraft galt, daß das Kurzschlußstromwärmeproblem lange Zeit wenig Raum in meiner Gedankenwelt fand. In der Tat warf ich erst in den letzten Jahren in meinen Kurzschlußuntersuchungen das Steuer herum.

Es war schwer, sich von den rein statischen Bildern der Kurzschlußstromkräfterscheinungen loszulösen, von den Bildern der Jugendjahre des Großtransformatorbaus. Der Übergang zur Dynamik der Kurzschlußstromkräfte ist indessen schon in meinem 1927 erschienenen Buche „Der Transformator in Betrieb“ angedeutet. Beendet wird er erst in der vorliegenden Studie.

Das Kurzschlußstromwärmeproblem stieß mich deshalb lange ab, weil es mir als Problem unmöglich erschien. Überzeugt, daß jede Überschreitung der  $110^{\circ}$  C-Temperaturgrenze mit Recht unerlaubt

ist, hielt ich jeden Kurzschluß des Transformators für ein thermisches Verbrechen, zum mindesten für ein thermisches Vergehen. Verbrechen und Vergehen löst man nicht als Probleme, man bestraft sie oder man sieht, machtlos, an ihnen vorbei.

Als ich nun vor Jahren amerikanische Untersuchungen zu sehen bekam, die mit der Lebensdauer der wichtigsten Isolierstoffe beschäftigt, die alte 110° C-Temperaturgrenze in ein neues Licht rückten, wurde plötzlich das Kurzschlußstromwärmeproblem auch für mich ein richtiggehendes Problem.

Allmählich wuchs so in den letzten Jahren in mir das Gefühl, daß ich die Pflicht habe, alles in einem zusammenhängenden Gesamtbilde darzustellen, was ich in der Welt der Transformatorenkurzschlüsse erlebt, gesehen, erdacht und erdichtet habe.

Dreißig Jahre mit Transformatoren und ihren Problemen innig verbunden, habe ich mich allmählich zu einem höheren Aussichtspunkt emporgerungen und sehe deshalb viele Zusammenhänge, die noch wenig beachtet und bekannt sind. Es gibt keine isolierten, auch keine isolierbaren Probleme im Transformatorenbau. Das sehe ich klar.

Deshalb will die vorliegende Studie, den Transformatorenkurzschlüssen gewidmet, keine trockene Beschreibung der möglichen Kurzschlußfälle sein. Sie greift über das Kurzschlußgebiet nach allen Richtungen hinaus und will eigentlich den ganzen Transformatorenbau, allerdings nur von der Kurzschlußseite her, beleuchten.

Ob ihr das, was sie erreichen wollte, gelungen ist, wird der Leser zu beurteilen haben. Ob die gewählte Darstellungsart, die vielleicht erheblich von der im deutschen technischen Schrifttum üblichen abweicht, richtig und zweckmäßig ist oder nicht, wird ebenfalls der Leser selbst zu entscheiden haben. Es ist meine Darstellungsart und ich habe mich mit ihr abfinden müssen.

Herrn Dr.-Ing. A. Leonhard, ord. Professor an der Technischen Hochschule Stuttgart, verdanke ich außerordentlich wichtige Hinweise auf die neuzeitigen Bestrebungen, die Kurzschlußabschaltzeiten möglichst zu kürzen. Ich habe sie gerne verwertet.

Die Abbildungen, die die vorliegende Studie beleben sollen, wurden von meinem langjährigen Assistenten, Herrn Dr.-Ing. V. Bedjanić entworfen und gezeichnet. Er las auch die Korrekturen. Für seine wertvolle Hilfe schulde ich ihm großen Dank.

Ich hoffe, einem großen Leserkreis einen guten Überblick über die gefürchteten Kurzschlußerscheinungen des Transformators ermöglicht zu haben. Der schönste Lohn für meine langjährige, in dieser Studie ausgewertete Arbeit wird eine günstige Aufnahme des Buches sein.

Ljubljana, im Frühjahr 1940.

**M. Vidmar.**

# Inhaltsverzeichnis

	Seite
<b>Einleitung</b> .....	1
1. Physikalische und technische Probleme.....	1
2. Belastungserwärmung des Wicklungskupfers .....	4
3. Wicklungserlegung in Spulen. Natürliche Luftkühlung....	8
4. Natürliche Ölkühlung. Künstliche Kühlung .....	15
5. Grenzstromdichten des Transformatorenbaus. Wirtschaftlichste Leistung .....	19
6. Belastungstemperatur und Lebensdauer des Transformators	23
7. Kurzschlußsicherheit des Transformators. Kurzschlußstromwärme- und Kurzschlußstromkraftproblem.....	27
<b>I. Der dreiphasige Kurzschluß</b> .....	34
8. Der symmetrische ungeschwächte dreiphasige Klemmenkurzschluß .....	34
9. Dauerkurzschlußstrom und Ausgleichskurzschlußstrom....	37
10. Spannungsabfälle des Transformators. Kurzschlußspannung .....	41
11. Kurzschlußproblem und Spannungsabfallproblem .....	46
12. Anzapfungen. Der regelbare Transformator .....	50
13. Kurzschlußstromwärme. Größenordnung der Kurzschlußstreufeldenergie .....	55
14. Energiebewegung im Kurzschluß .....	59
15. Die bewegliche Induktivität des Transformators.....	63
16. Induktivität und Stromkraft .....	67
17. Federnde Gestaltänderungen des Wicklungskörpers.....	71
18. Bleibende Gestaltänderungen des Wicklungskörpers.....	75
19. Der bewegliche Wirkwiderstand der kurzgeschlossenen Wicklung.....	79
20. Kurzschlußdauer, Überstromschutz und Lebensdauer....	83
21. Höchsttemperatur in der kurzgeschlossenen Wicklung. Abfluß der Kurzschlußstromwärme .....	86

	Seite
<b>II. Der einphasige und der zweiphasige Kurzschluß.....</b>	<b>95</b>
22. Das Grundgesetz des Nennleistungsgebiets und das Kurzschlußproblem .....	95
23. Der einphasige Kurzschluß und die Wesenssymmetrie des dreiphasigen Transformators .....	99
24. Der vereinfachte einphasige Kurzschluß. Zusatzstrom und Primärschaltung .....	103
25. Nullpunktverschiebung im einphasigen Kurzschluß .....	107
26. Zusatzkraftfluß. Jochinduktivität .....	111
27. Einphasiger Kurzschluß und primäre Sternschaltung ohne Nulleiter .....	115
28. Einphasiger Kurzschluß und primäre Sternschaltung mit Nulleiter bzw. primäre Dreieckschaltung .....	118
29. Zweiphasiger Kurzschluß. Das Kurzschlußgebiet des Transformators .....	123
<b>III. Der über die Transformator клемmen hinausgreifende Kurzschluß. Allgemeines .....</b>	<b>128</b>
30. Der Kurzschluß im Sekundärnetz. Wahrscheinlichkeit der verschiedenen Kurzschlußarten .....	128
31. Die Schwächung des Kurzschlusses von der Primärseite her	131
32. Ungeklärte Fragen der Kurzschlußtheorie des Transformators.....	134

## Literaturnachweise

(Die im Text mit L. 1, L. 2 usw. bezeichneten Nachweise entsprechen nachfolgenden Büchern und Aufsätzen)

Bezeichnung	Verfasser	Titel, Verlag und Erscheinungsort
L. 1	Vidmar	„Die Transformatoren“, 2. Aufl. Berlin, Jul. Springer, 1925.
L. 2	Vidmar	„Der kupferarme Transformator.“ Berlin, Jul. Springer, 1935.
L. 3	Vidmar	„Das Altern der Transformatoren.“ Wien, E. und M., 1939.
L. 4	Vidmar	„Der Transformator im Betrieb.“ Berlin, Jul. Springer, 1927.
L. 5	Prinz	„Thermisches Verhalten von Öltransformatoren bei Klemmenkurzschlüssen“, Wissenschaftliche Veröffentlichungen aus dem Siemenskonzern, Berlin, Bd. XVII, S. 37.
L. 6	Küchler	„Thermische Kurzschlußbeanspruchungen von Transformatoren“, Hochspannungsforschung und Hochspannungspraxis, herausgegeben von J. Biermanns u. O. Mayr. Berlin, Jul. Springer, 1931.
L. 7	Petroff	„Transformatori“, Bd. I, Moskva 1936.
L. 8	Ollendorf	„Studien über das Jochfeld von Transformatoren“, Wissenschaftliche Veröffentlichungen aus dem Siemenskonzern, Bd. VII, Berlin 1928.
L. 9	Vidmar	„Der einphasige, zusätzliche Kraftfluß des dreiphasigen Transformators.“ Wien, E. und M., 1927.