

(12)

Gebrauchsmusterschrift

(21)

Anmeldenummer:

GM 208/2015

(22)

Anmeldetag:

14.07.2015

(24)

Beginn der Schutzdauer:

15.11.2020

(45)

Veröffentlicht am:

15.11.2020

(51)

Int. Cl.:

H02M 3/337
H01F 3/14
G05F 1/13

(2006.01)
(2006.01)
(2006.01)

(30) Priorität: 14.04.2015 DE 102015206625.8 beansprucht. 29.06.2015 DE 102015212022.8 beansprucht. (56) Entgegenhaltungen: TW 201332274 A CN 204189571 U EP 1014397 A1	(73) Gebrauchsmusterinhaber: Tridonic GmbH & Co KG 6850 Dornbirn (AT) (72) Erfinder: Mayerhofer Markus 6850 Dornbirn (AT) Marquart Janosch 9496 Balzers (LI) Nigsch Simon 6731 Sonntag (AT) (74) Vertreter: Barth Alexander Dipl.Ing. (FH) 6850 Dornbirn (AT)
---	---

(54)

Transformator und LLC-Konverter zum Betreiben eines Leuchtmittels

(57)

Die Erfindung betrifft einen Transformator sowie einen LLC-Konverter zum Betreiben mindestens eines Leuchtmittels (LED), wobei der Transformator (T1) eine Primärwicklung (W1) zum Anschluss an einen Resonanzkreis (RK) des LLC-Konverters aufweist, wobei die Primärwicklung (W1) auch die Shuntspule (L2) des Resonanzkreises (RK) bildet, und wobei der Transformator (T1) eine Sekundärwicklung (W2) zum Versorgen des zumindest einen Leuchtmittels (LED) , beispielsweise einer LED-Strecke aufweist, wobei der Transformator (T1) weiterhin einen rahmenförmigen Kern aufweist, wobei der Kern einen ersten Kernteil (K1) und einen zweiten Kernteil (K2) aufweist, wobei der erste Kernteil (K1) zumindest drei Kernschenkel (KS1, KS2, KS3) aufweist, wobei an einem ersten Kernschenkel (KS1) die Primärwicklung (W1) angeordnet ist, und wobei an einem zweiten Kernschenkel (KS2) die Sekundärwicklung (W2) angeordnet ist, und wobei die Resonanzspule (L1) des LLC-Konverters durch die Primärwicklung (W1) und den dritten Kernschenkel (KS3) gebildet ist.

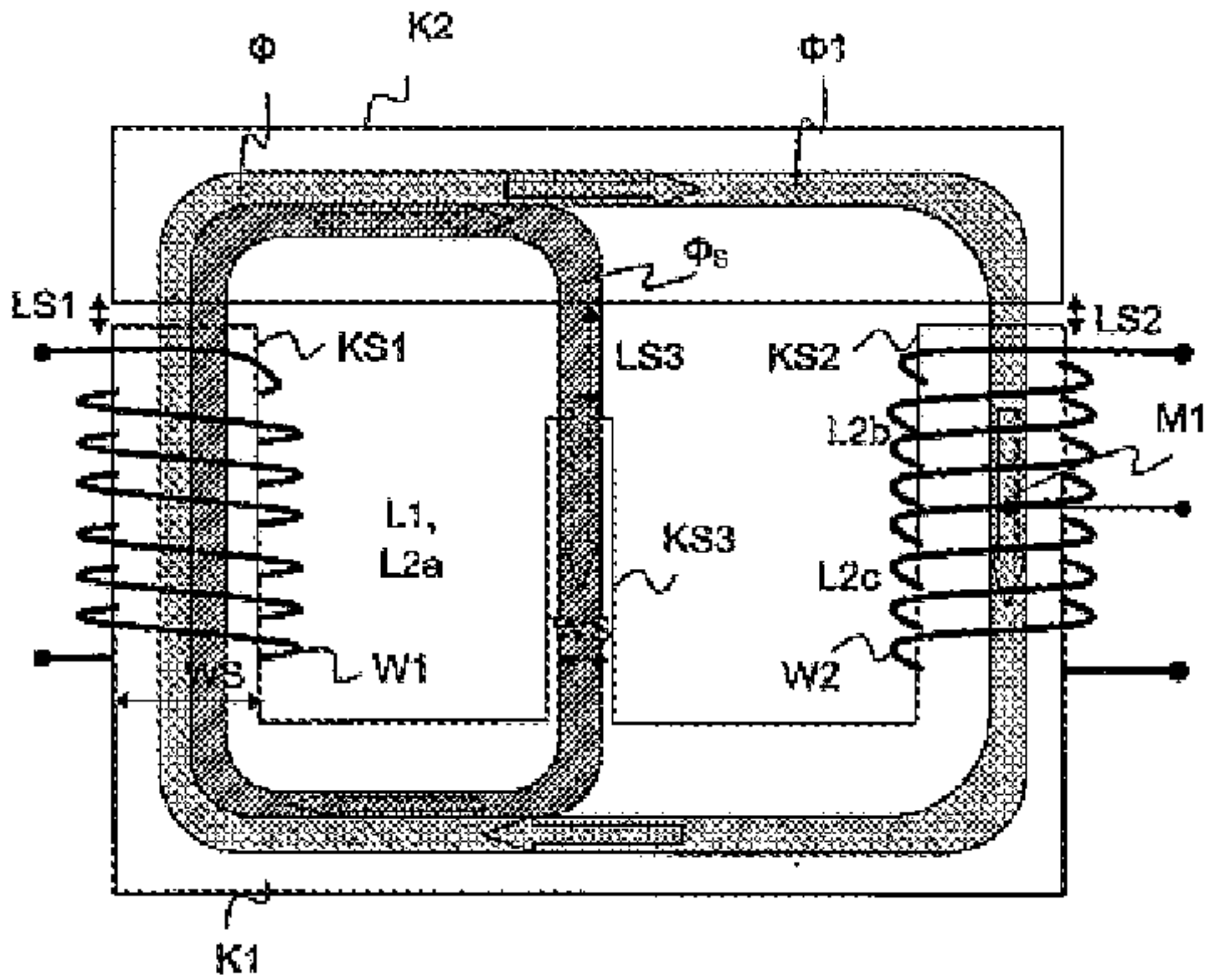


Fig.4

Beschreibung

TRANSFORMATOR UND LLC-KONVERTER ZUM BETREIBEN EINES LEUCHTMITTELS

[0001] Die Erfindung betrifft einen Transformator sowie einen LLC-Konverter zum Betreiben mindestens eines Leuchtmittels, beispielsweise einer LED-Strecke.

[0002] Treiberschaltungen, zum Beispiel zum Betreiben von Leuchtdioden, sind aus dem Stand der Technik grundsätzlich bekannt. Beispielsweise werden als Treiberschaltungen Leuchtmittelkonverter mit einer LLC-Schaltung verwendet, nachfolgend als LLC-Konverter bezeichnet. Bei diesen LLC-Konvertern wird ein (Serien-) Resonanzkreis mittels einer Wechselspannung versorgt. Der Resonanzkreis versorgt wiederum eine primärseitige Transformatorspule. Die sekundärseitige Transformatorspule versorgt sodann über Gleichrichterioden ein Leuchtmittel. Die dem Leuchtmittel zugeführte Versorgungsspannung muss typischerweise eine Gleichspannung sein. Dies kann grundsätzlich beispielsweise durch eine Gleichrichterschaltung erfolgen. Hinsichtlich energetischer Vorteile bietet es sich jedoch an, die Gleichrichtung mittels eines Transformators mit Mittelabgriff an der Sekundärspule durchzuführen.

[0003] Der LLC-Konverter ist somit eine elektrische Schaltung, die mit einer Eingangsspannung versorgbar ist und an die Leuchtmittel, wie beispielsweise eine oder mehrere LEDs, anschließbar sind, um das Leuchtmittel definiert elektrisch betreiben zu können.

[0004] Aus dem Dokument WO 2014/060899 A2 ist beispielsweise ein LLC-Konverter bekannt. In Fig. 1 ist ein prinzipieller Aufbau eines LLC-Konverters dargestellt. Der LLC-Konverter gemäß Fig. 1 soll als Ausgangspunkt für die hier vorliegende Erfindung dienen. Bei einem LLC-Konverter wird eine Wechselspannung oder einen Wechselstrom von einer Halbbrückenschaltung HB generiert und an einen Resonanzkreis RK bereitgestellt. Die mit der Wechselspannung bereitgestellte Energie zirkuliert in einem Resonanzkreis und wird teilweise an die Last eines Transformators übermittelt.

[0005] Der Resonanzkreis für LLC-Konverter besteht allgemein aus einem Resonanzkondensator C1, einer Resonanzspule L1 und einer Shuntspule L2. Die Shuntspule L2 ist vorgesehen, die mittels der Wechselspannung bereitgestellte Energie zur Last transportieren zu können. Um die Energie transportieren zu können wird die Last über einen idealen Übertrager bzw. Transformator T1 mit dem Resonanzkreis RK gekoppelt. Der Transformator T1 dient dabei als galvanische Sperre bzw. als galvanische Barriere zwischen der generierten Wechselspannung und der zum Betreiben der Leuchtmittel benötigten Gleichspannung. Diese galvanische Trennung ist bei der Verwendung von LLC-Konvertern zum Betreiben von Leuchtmitteln unter Umständen gefordert und stellt unter anderem eine Sicherheitsanforderung dar.

[0006] Bei der praktischen Realisierung eines LLC-Konverters werden Komponenten des Transformators T1 und Komponenten des Resonanzkreises RK kombiniert. Dies ist möglich, da der Transformator T1 nicht ideal ist. Somit ist es möglich, dass die Shuntspule L2 und die Primärspule des Transformators T1 durch die Primärwicklung L2a des Transformators T1 gebildet werden. Dabei wird insbesondere die Magnetisierungsinduktivität des Transformators T1 ausgenutzt. Auch Teile der Resonanzspule L1 können durch die Primärwicklung L2a des Transformators T1 gebildet werden. Dabei wird die Streuinduktivität, englisch leakage inductance, des Transformators T1 ausgenutzt. Der Begriff der Streuinduktivität beschreibt jenen Induktivitätsanteil, welcher bei magnetisch gekoppelten Systemen durch den Streufluss Φ_s gebildet wird. Die Streuinduktivität wird mit denselben Verfahren und Methoden wie jede andere Induktivität bestimmt, nur dass dabei ausschließlich der Streufluss Φ_s berücksichtigt wird.

[0007] Bislang kann die Resonanzspule L1 nicht vollständig durch die Primärwicklung gebildet werden. Somit muss derzeit neben der Primärwicklung des Transformators stets eine zusätzliche Spule im LLC-Konverter vorgesehen werden, um die Resonanzspule L1 im Resonanzkreis des LLC-Konverters zu erhalten.

[0008] Häufig weisen diese zusätzlichen Spulen zur Bildung der Resonanzspule L1 sehr geringe

Induktivitäten auf, sodass diese durch eine zusätzliche dritte Wicklung auf dem Transformator-kern realisiert werden. Ein derartiges Konzept hat allerdings mehrere Nachteile.

[0009] Häufig werden die Primärwicklung und die Sekundärwicklung auf einem gemeinsamen Kernschenkel eines Transformator-kerns ausgebildet. Dies führt dazu, dass parasitäre Kapazitäten von der Primärseite des Transformators zur Sekundärseite des Transformators gekoppelt werden. Derartige parasitäre Kapazitäten erhöhen in nachteiliger Weise die Ausgangskapazität der als Feldeffekttransistoren, kurz FET, ausgestalteten Schalter S1, S2 der Halbbrückenschaltung HB. Zur Steigerung der Effizienz des LLC-Konverters und insbesondere zur Verringerung von Verlusten aufgrund hoher Schaltfrequenzen wird bei der Ansteuerung der Halbbrückenschaltung HB, beispielsweise ein Null-Volt-Schalten, englisch Zero-Voltage-Switching (ZVS), oder ein Null-Strom-Schalten, englisch Zero-Current-Switching (ZCS) angewendet. Dazu müssen bestimmte Schalt-Totzeiten der Schalter S1, S2 eingehalten werden. Durch die erhöhten Ausgangskapazitäten werden diese Schalt-Totzeiten nun in nachteiliger Weise verlängert. Durch dieses Verlängern der Totzeiten sinkt die maximale Schaltfrequenz der Schalter S1, S2, in der die Halbbrückenschaltung effizient betrieben werden kann, stark ab.

[0010] Überdies ist die Einstellbarkeit der Resonanzspule L1 und der Shuntspule L2 durch die drei Wicklungen am Transformator problematisch, da die Induktivitätswerte für die Spulen L1, L2, W1 sehr unterschiedlich sind und mit dem bisherigen Transformatoraufbau nicht individuell anpassbar sind.

[0011] Auch eine Anpassung der Induktivitätswerte an verschieden aufgebaute LLC-Konverter ist nicht möglich.

[0012] Diese Problematiken führen zu einer großen Streuung der Induktivitätswerte für die Spulen des Resonanzkreises bei der Massenproduktion der LLC-Konverter und somit zu einer ungewollten Verschlechterung oder ungewollten Verteuerung bei der Produktion der LLC-Konverter.

[0013] Es ist daher Aufgabe der hier vorliegenden Erfindung, einen Transformator bereitzustellen, der die oben genannten Nachteile überwindet. Der LLC-Konverter zum Betreiben von Leuchtmitteln soll dabei in großer Stückzahl und kosteneffizient produzierbar sein. Der Transformator soll für unterschiedliche LLC-Konverter Ausgestaltungen flexibel anpassbar sein.

Die gestellte Aufgabe wird insbesondere durch einen Transformator für einen LLC-Konverter zum Betreiben mindestens eines Leuchtmittels gelöst. Der Transformator weist dazu eine Primärwicklung zum Anschluss an einen Resonanzkreis des LLC-Konverters auf, wobei die Primärwicklung auch die Shuntspule des Resonanzkreises bildet. Der Transformator weist zudem eine Sekundärwicklung zum Versorgen des zumindest einen Leuchtmittels, beispielsweise einer LED-Strecke, auf. Der Transformator weist einen rahmenförmigen Kern auf, wobei der Kern einen ersten Kernteil und einen zweiten Kernteil umfasst.

[0014] Erfindungsgemäß ist nunmehr vorgesehen, dass der Kern zumindest drei Kernschenkel aufweist, wobei an einem ersten Kernschenkel die Primärwicklung angeordnet ist und an einem zweiten Kernschenkel die Sekundärwicklung angeordnet ist. Die Resonanzspule des LLC-Konverters ist durch die Primärwicklung und den dritten Kernschenkel gebildet. Überdies soll die Anzahl der Komponenten für einen LLC-Konverter auf ein Minimum reduziert werden.

[0015] Um die gestellte Aufgabe zu lösen wird somit ein neues Konzept für einen Transformator für LLC-Konverter vorgeschlagen. Dabei wird erfindungsgemäß die Resonanzspule komplett durch den Transformator gebildet.

[0016] Durch den dritten Kernschenkel bei gleichzeitiger Anordnung der Primärwicklung auf dem ersten Kernschenkel und Anordnung der Sekundärwicklung auf dem zweiten Kernschenkel ist nunmehr eine individuelle Einstellbarkeit der Induktivitätswerte für die Resonanzspule und der Shuntspule getrennt voneinander möglich.

[0017] Mit dem dritten Kernschenkel wird ein zusätzlicher magnetischer Pfad für den magnetischen Streufluss erhalten. Durch diesen zusätzlichen magnetischen Pfad im Transformator kann die Streuinduktivität direkt kontrolliert werden. Durch geometrische Anpassung dieses zusätzli-

chen magnetischen Pfads im Transformator kann die Streuinduktivität individuell an geforderte Parameter angepasst werden.

[0018] Der magnetische Streufluss ist innerhalb des magnetischen Kerns des Transformators getrennt vom magnetischen Fluss zur Sekundärseite führbar, sodass überdies auch größere Mengen des Streustroms erzeugt werden können. Somit muss die Resonanzspule des LLC-Konverters nicht mehr als separate Wicklung am Transformator vorgesehen werden, da diese durch die Primärwicklung und den dritten Kernschenkel gebildet wird. Auf diese Weise können die Abmessungen des Transformators reduziert werden. Der LLC-Konverter kann somit kleiner ausgebildet werden, wodurch eine Platzersparnis erzeugt ist.

[0019] Die Aufteilung der Wicklungen auf verschiedene Kernschenkel ermöglicht eine individuelle Einstellbarkeit der geforderten Induktivitäten. Ein derartiges Ausbilden des Transformator-kerns ist in großer Stückzahl möglich ohne große Abweichungen der Spulenwerte zu erhalten. Der Transformator ist somit massenproduktionstauglich.

[0020] Die Primärwicklung und der dritte Kernschenkel bilden die Resonanzspule. Damit wird eine komplette galvanische Trennung zwischen der Primärseite und der Sekundärseite des Transformators erfolgen, was bei Anordnung der Primärwicklung und Sekundärwicklung auf dem gleichen Kernschenkel nicht möglich ist. Die parasitären Kapazitäten können somit nicht von der Sekundärseite zur Primärseite des Transformators gekoppelt werden. Somit verringert sich die Ausgangskapazität der als FET ausgebildeten Schalter S1 und S2 der Halbbrückenschaltung des LLC-Konverters, wodurch kürzere Totzeiten beim ZVS bzw. ZCS erzielt werden können. Somit können höhere Schaltfrequenzen zum Betreiben der Schalter S1, S2 verwendet werden.

[0021] In einer bevorzugten Ausgestaltung bilden der erste Kernteil (K1) und der zweite Kernteil (K2) zusammen den Kern mit den zumindest drei Kernschenkeln (KS1, KS2, KS3). Durch den zweiteiligen Aufbau des Kerns ist die Herstellung des Transformators wesentlich vereinfacht, da die Anordnung der Wicklungen vereinfacht erfolgen kann.

[0022] In einer bevorzugten Ausgestaltung ist der erste Kernteil E-förmig ausgebildet und weist die drei Kernschenkel auf. Zwischen den drei Kernschenkeln des ersten Kernteils und dem zweiten Kernteil ist jeweils ein Luftspalt gebildet. Durch die jeweiligen Luftspalten zwischen dem ersten Kernteil und dem zweiten Kernteil wird der magnetische Widerstand im jeweiligen magnetischen Kreis vergrößert. Dies ermöglicht einen größeren Streufluss und resultierend einen größeren Streustrom. Durch die Luftspalte können die Abmessungen des Transformators weiter verringert werden.

[0023] In einer bevorzugten Ausgestaltung ist der zweite Kernteil balkenförmig ausgebildet. Durch den zweiten Kernteil kann nun der magnetische Fluss im Kern verbessert geführt werden.

[0024] In einer bevorzugten Ausgestaltung ist der zweite Kernteil E-förmig ausgebildet, sodass die drei Kernschenkel von beiden Kernteilen gemeinsam gebildet werden und zwischen den drei Kernschenkeln des ersten Kernteils und den drei Kernschenkeln des zweiten Kernteils jeweils ein Luftspalt gebildet ist. Die beiden Kernteile sind bevorzugt identisch geformt, sodass die Herstellungskosten für einen derartigen Kern weiter reduziert werden können und die magnetischen Vorteile dieses Kernaufbaus weiterhin erhalten bleiben.

[0025] In einer bevorzugten Ausgestaltung bilden ein F-förmiger Kernteil und ein L-förmiger Kernteil zusammen den Kern mit den zumindest drei Kernschenkeln, wobei zwischen den Kernschenkeln des ersten Kernteils und dem zweiten Kernteil jeweils ein Luftspalt gebildet ist und wobei zwischen dem Kernschenkel des zweiten Kernteils und dem ersten Kernteil ein Luftspalt gebildet ist. Diese Ausgestaltung ermöglicht das Platzieren der Primärwicklung auf dem ersten Kernteil und das Platzieren der Sekundärwicklung auf dem zweiten Kernteil, was fertigungstechnische Vorteile haben kann.

[0026] Bevorzugt ist der dritte Kernschenkel asymmetrisch beabstandet zwischen dem ersten Kernschenkel und dem zweiten Kernschenkel angeordnet. Da die Sekundärwicklung von der Primärwicklung verschieden ist, wird für die jeweilige Wicklung unterschiedlich viel Platz benötigt.

Wird der dritte Kernschenkel asymmetrisch beabstandet angeordnet, kann das Design des Transformators ideal an die Platzbedürfnisse der Wicklungen angepasst werden. Eine weitere Platzersparnis ist die Folge.

[0027] In einer alternativen Ausgestaltung ist der dritte Kernschenkel symmetrisch beabstandet zwischen dem ersten Kernschenkel und dem zweiten Kernschenkel angeordnet. Dies ermöglicht eine einfache Herstellung des ersten Kernteils und verringert die Produktionskosten.

[0028] Alternativ oder zusätzlich ist ein erster Luftspalt zwischen dem ersten Kernteil und dem zweiten Kernteil vorgesehen. Überdies ist ein zweiter Luftspalt zwischen dem ersten Kernteil und dem zweiten Kernteil vorgesehen. Die Länge des ersten Luftspalts ist von der Länge des zweiten Luftspalts verschieden. Durch die unterschiedlichen Längen der Luftspalten können die Werte für die Induktivität der Shuntspule und der Resonanzspule des Resonanzkreises des LLC-Konverters individuell eingestellt werden, da der magnetische Widerstand direkt proportional von der Länge des Luftspalts ist.

[0029] In einer bevorzugten Ausgestaltung ist ein dritter Luftspalt zwischen dem ersten Kernteil und dem zweiten Kernteil vorgesehen. Die Länge des dritten Luftspalts ist von der Länge des ersten Luftspalts und/oder von der Länge des zweiten Luftspalts verschieden. Somit können unterschiedliche magnetische Widerstände in den einzelnen Kernschenkeln eingestellt werden, wodurch der magnetische Fluss für jede Induktivität individuell einstellbar ist. Insbesondere kann die Resonanzspule und die Shuntspule des LLC-Konverters unabhängig vom Sekundärstrom des LLC-Konverters eingestellt werden.

[0030] Durch den dritten Kernschenkel wird der primärseitig induzierte magnetische Fluss auf zwei unterschiedliche Pfade im Kern des Transformators aufgeteilt. So wird ein magnetischer Fluss für die Sekundärseite im zweiten Kernschenkel getrennt von einem magnetischen Streufluss im dritten Kernschenkel erhalten. Aufgrund der geometrischen Abmessungen der Kernschenkel, beispielsweise der Länge der jeweiligen Luftspalten, der Kernschenkel Durchmesser oder der Abstände zwischen den einzelnen Kernschenkeln oder etc., kann die Größe des jeweiligen magnetischen Flusses beeinflusst und verändert werden. Somit ist ein hochflexibler individualisierter Transformator erhalten, der auf individuelle Gegebenheiten eines speziellen LLC-Konvertertyps angepasst werden kann. Sind die Einstellungen einmal gefunden, kann der jeweilige Kern des Transformators sehr einfach in großer Stückzahl hergestellt werden.

[0031] Durch Ausgestalten des Kerns in zweiteiliger Form kann die Anpassung an unterschiedliche geometrische Gegebenheiten sehr einfach erwirkt werden.

[0032] Bevorzugt wird der Resonanzkreis von einem Mittelpunkt zweier in Serie geschalteten Schalter einer Halbbrückenschaltung versorgt.

[0033] In einer bevorzugten Ausgestaltung speist der Resonanzkreis den Transformator mit einer Wechselspannung, wobei die Sekundärwicklung einen Mittelabgriff aufweist, sodass auf der Sekundärseite des Transformators je einen Strompfad für jede der beiden Polaritäten der Wechselspannung vorgesehen ist.

[0034] Erfindungsgemäß wird die Aufgabe überdies durch einen LLC-Konverter zur Versorgung mindestens eines Leuchtmittels, beispielsweise einer LED-Strecke, gelöst. Der LLC-Konverter weist eine Halbbrückenschaltung mit zwei in Serie geschalteten Schaltern auf, die von einer Steuerschaltung angesteuert werden. Der LLC-Konverter weist einen, ausgehend von einem Mittelpunkt der beiden Schalter versorgten, Resonanzkreis auf. Der LLC-Konverter weist einen Transformator auf, der primärseitig mit einer vom Resonanzkreis bereitgestellten Wechselspannung gespeist wird und der sekundärseitig je einen Strompfad für jede der beiden Polaritäten der Wechselspannung vorsieht.

[0035] Der LLC-Konverter weist erfindungsgemäß einen Transformator auf, dessen Primärwicklung auf einem ersten Kernschenkel eines ersten Kernteils angeordnet ist. Der Transformator weist eine Sekundärwicklung auf einem zweiten Kernschenkel des ersten Kernteils auf. Sowohl die Resonanzspule als auch die Shuntspule des LLC-Konverters werden durch die Primärwick-

lung und einen dritten Kernschenkel des ersten Kernteils gebildet.

[0036] Es wird durch den dritten Kernschenkel ein vom magnetischen Fluss durch die Sekundärwicklung getrennter magnetischer Streufluss erzeugt. Dies ermöglicht Platzersparnisse für den LLC-Konverter, da der Transformator nun bedeutend kleiner ausgebildet werden kann. Durch die Ausgestaltung des Kerns zur Erzeugung der jeweiligen Induktivitäten kann der LLC-Konverter in großer Stückzahl kosteneffizient hergestellt werden. Die Einstellbarkeit der verschiedenen Induktivitäten erfolgt aufgrund der verschiedenen Kernschenkel individuell.

[0037] Die Steuerschaltung ist vorgesehen, die Taktung der beiden Schalter der Halbbrückenschaltung einzustellen.

[0038] Die dem Leuchtmittel zugeführte Versorgungsspannung muss typischerweise eine Gleichspannung sein. Da häufig eine Wechselspannung als Versorgungsspannung zur Verfügung steht, ist eine Gleichrichterschaltung erforderlich, um die Gleichspannung zu erhalten. Die Gleichrichtung erfolgt mit Gleichrichterioden. Die Beschaltung der Gleichrichterioden hängt von der Ausgestaltung der Sekundärwicklung und den Leistungsanforderungen des LLC-Konverters ab. In einer bevorzugten Ausgestaltung werden zwei Dioden und eine Sekundärwicklung mit Mittelabgriff verwendet. Diese Art der Gleichrichtung wird insbesondere bei kleinen bis mittleren Leistungen angewendet. Alternativ kann eine Sekundärwicklung ohne Mittelabgriff verwendet werden, um die Gleichrichtung zu bewirken, wobei ein Brückengleichrichter mit 4 Dioden verwendet wird. Als alternative Ausgestaltung ist eine Synchrongleichrichtung zu verwenden.

[0039] Nachfolgend wird anhand von Figuren die Erfindung bzw. weitere Ausführungsformen und Vorteile der Erfindung näher erläutert, wobei die Figuren lediglich Ausführungsbeispiele der Erfindung beschreiben. Gleiche Bestandteile in den Figuren werden mit gleichen Bezugszeichen versehen. Falls nicht anders beschrieben, sind die Figuren nicht als maßstabsgetreu anzusehen, es können einzelne Elemente der Figuren übertrieben groß bzw. übertrieben vereinfacht dargestellt sein.

[0040] Es zeigen:

- [0041]** Fig. 1 einen schematischen Aufbau eines LLC-Konverters gemäß dem Stand der Technik,
- [0042]** Fig. 2 einen Resonanzkreis und nachfolgendem idealen Transformator gemäß dem Stand der Technik,
- [0043]** Fig. 3 einen Transformator für einen LLC-Konverter gemäß dem Stand der Technik,
- [0044]** Fig. 4 ein erstes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Transformators für einen LLC- Konverter,
- [0045]** Fig. 5 eine weiteres Ausführungsbeispiel eines Kerns eines erfindungsgemäßen Transformators für einen LLC-Konverter,
- [0046]** Fig. 6a eine Seitenansicht eines zweiten Kernteils des Kerns aus Fig. 5,
- [0047]** Fig. 6b eine Draufsicht eines zweiten Kernteils des Kerns aus Fig. 5,
- [0048]** Fig. 7a eine Seitenansicht eines ersten Kernteils des Kerns aus Fig. 5,
- [0049]** Fig. 7b eine Draufsicht des ersten Kernteils des Kerns aus Fig. 5,
- [0050]** Fig. 8 ein zweites Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Transformators für einen LLC- Konverter,
- [0051]** Fig. 9 ein drittes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Transformators für einen LLC- Konverter.

[0052] Fig. 1 zeigt einen schematischen Aufbau eines LLC-Konverters gemäß dem Stand der Technik. Eine Steuerschaltung SE steuert eine Wechselrichter-Halbbrücke HB mit zwei Schaltern S1, S2 an, die in Serie geschaltet sind. Die Schalter S1, S2 sind als MOSFET ausgebildet. Wie in Fig. 1 dargestellt, wird die Halbbrückenschaltung HB durch eine Eingangsspannung versorgt,

die exemplarisch als Busspannung V_{BUS} dargestellt ist. Statt einer Busspannung, die normalerweise eine DC-Spannung, also eine Gleichspannung ist, kann auch eine gleichgerichtete Wechselspannung zur Versorgung der Halbbrücke dienen.

[0053] Ausgehend von einem Mittelpunkt M der Halbbrücke HB, bzw. der beiden Schalter S1, S2, ist nun ein Resonanzkreis RK versorgt, der insbesondere aus einer Serienschaltung eines Resonanzkondensators C1, einer Resonanzinduktivität L1 und einer zweiten Induktivität L2a gebildet ist. Der Kondensator C1 kann je nach Erfordernis auch als Kombination mehrerer Kondensatoren ausgeführt werden, um eine höhere Spannungsfestigkeit zu erreichen. Die Spule L2a wird als Primärwicklung W1 eines Transformators T1 verwendet, nähere Ausführungen dazu folgen erst bei Betrachtung der Fig. 2.

[0054] Die Sekundärwicklung W2 versorgt sodann über die Gleichrichterioden D1 und D2 das Leuchtmittel LED. Die dem Leuchtmittel LED zugeführte Versorgungsspannung muss eine Gleichspannung sein. Da häufig eine Wechselspannung AC als Versorgungsspannung zur Verfügung steht, ist eine Gleichrichterschaltung erforderlich, um die Gleichspannung zu erhalten. Die Gleichrichtung erfolgt beispielsweise durch eine Gleichrichterschaltung. Gemäß Fig. 1 werden zwei Dioden D1, D2 und einen Mittelabgriff M1 der Sekundärwicklung W2 gefordert.

[0055] Ausgehend von der Induktivität L2a wird nun der Transformator T1 mit einer Wechselspannung gespeist. Der Transformator T1 weist eine Primärwicklung und eine Sekundärwicklung mit Mittelabgriff M1 auf, um die in Fig. 1 gezeigten Spulen L2a, L2b, L2c zu bilden. Die Induktivitäten L2b und L2c sind dabei auf der Sekundärseite des Transformators T1 angeordnet. Die Induktivitäten L2b und L2c sind als separate Induktivitäten dargestellt, da auf der Sekundärseite des Transformators T1 ein Mittelabgriff M1 vorgesehen ist.

[0056] Ausgehend von den Induktivitäten L2b und L2c ist dann jeweils ein Strompfad SP1 bzw. SP2 versorgt. Die Strompfade SP1 und SP2 verbinden somit jeweils eine Seite der Induktivität L2b, L2c mit einem Verbindungspunkt CP, wobei jeder Strompfad SP1, SP2 eine Diode D1, D2 zur Gleichrichtung aufweist.

[0057] Der erste Strompfad SP1 weist dabei die Diode D1 auf, während der zweite Strompfad SP2 eine zweite Diode D2 aufweist. Über den ersten Strompfad SP1 wird ein induzierter Strom I_{SP1} übertragen, über den Strompfad SP2 ein induzierter Strom I_{SP2} . Mit dem Verbindungspunkt CP ist andererseits ein Ausgangsanschluss E1 des Leuchtmittelkonverters verbunden mit dem beispielsweise eine Last LED, z.B. ein Leuchtmittel und insbesondere wenigstens eine LED anschließbar ist.

[0058] Zwischen dem Verbindungspunkt CP und dem Ausgangsanschluss E1 ist weiter ein Glättungskondensator C2 mit seiner potentialhöheren Seite verbunden, wobei die potentialniedrigere Seite des zweiten Kondensators C2 auf dem sekundärseitigen Massepotential des Transformators liegen kann.

[0059] Die Steuerschaltung SE steuert den potentialhöheren Schalter S1 der Halbbrücke HB über ein Ansteuersignal HS („high side“-Signal) an, während sie den potentialniedrigeren Schalter S2 der Halbbrücke mit einem Signal LS („low side“-Signal) ansteuert. Dabei schaltet die Steuerschaltung SE die Schalter S1, S2, die vorzugsweise als Transistoren, z. B. FET, MOSFET, ausgebildet sind, alternierend an, um am Mittelpunkt M der Halbbrücke HB eine Wechselspannung für den Transformator T1 bereitzustellen.

[0060] In der Fig. 1 ist die Primärwicklung L2a des Transformators T1 auf ihrer potentialniedrigeren Seite mit der primärseitigen Masse verbunden, ebenso wie die potentialniedrigere Seite des Halbbrückenschalters S2. Der Strom bzw. die Spannung durch die primärseitige Induktivität L2a wird durch den Transformator T1 auf die Sekundärseite übertragen, wodurch in dem ersten Strompfad SP1 der Strom I_{SP1} und in dem zweiten Strompfad SP2 der Strom I_{SP2} induziert wird.

[0061] Der Mittelabgriff M1 zwischen den sekundärseitigen Induktivitäten L2b und L2c dienen indessen dazu, an dem Verbindungspunkt CP Ströme bzw. Spannungen bereitzustellen, die im Wesentlichen symmetrisch um einen Nullpunkt liegen.

[0062] Über die Dioden D1 und D2 wird an dem Verbindungspunkt CP ein Gleichstrom bzw. eine Gleichspannung bereitgestellt, um die Last LED zu betreiben. Die sekundärseitige Masse kann gemäß Fig. 1 entweder mit der primärseitigen Masse verbunden sein oder davon isoliert vorgesehen werden.

[0063] Insgesamt hängt dabei die am Ausgangsanschluss E1 liegende Spannung bzw. der anliegende Strom I_{SP1} bzw. I_{SP2} von der an der primärseitigen Induktivität des Transformators T1 anliegenden Spannung bzw. der Wellenform der Spannung ab. Diese sind durch eine Veränderung einer Taktung bzw. Schaltfrequenz der Schalter S1, S2 bzw. einem Tastgrad (duty cycle) der Halbbrückenschaltung HB, d. h. insbesondere eine Veränderung der Einschaltzeitdauer der Schalter S1, S2, einstellbar.

[0064] Fig. 2 zeigt einen Resonanzkreis RK und einen darauf folgenden idealen Transformator T1 für einen LLC-Konverter. Der Resonanzkreis RK besteht aus drei in Reihe geschalteten Komponenten. Ein Resonanzkondensator C1 ist dabei in Reihe geschaltet zu einer Resonanzspule L1. Die Resonanzspule L1 ist in Reihe geschaltet zu einer Shuntspule L2. Der Resonanzkondensator C1, die Resonanzspule L1 sowie die Shuntspule L2 bilden den LLC-Resonanzkreis RK, nachfolgend als Resonanzkreis RK bezeichnet. Die Spannung über der Shuntspule L2 wird einem idealen Transformator T1 bereitgestellt. Der ideale Transformator T1 weist eine Primärwicklung W1 und eine Sekundärwicklung W2 auf. Die Sekundärwicklung W2 weist einen Mittelabgriff M1 auf, um aus der Sekundärwicklung W2 die zwei Spulen L2b und L2c zu erhalten. Diese Spulen L2b und L2c werden benötigt, um den auf Masse gelegten Mittelabgriff M1 zwei verschiedene Polaritäten gegenüberstellen zu können.

[0065] Gemäß der Fig. 2 ist der Transformator T1 ein idealer Übertrager, der insbesondere keine ohmschen, induktiven oder kapazitiven Verluste aufweist. Da derartige Transformatoren T1 nicht in der Praxis vorkommen, bildet die Primärwicklung W1 gleichzeitig die Primärspule des Übertragers und die Shuntspule L2 und wird als L2a bezeichnet (gestrichelte Umrahmung).

[0066] In Fig. 3 wird ein Transformator T1 für einen LLC-Konverter gemäß dem Stand der Technik dargestellt. Der Transformator T1 weist einen zweiteiligen Kern auf, wobei der erste Kernteil zum zweiten Kernteil identisch ist. Jeder Kernteil weist drei Kernschenkel auf. Die Kernschenkel der jeweiligen Kernteile stehen sich gegenüber. Die Primärwicklung W1 und die Sekundärwicklung W2 des Transformators T1 sind dabei auf einem gemeinsamen Schenkel des Kerns angeordnet. Dieser Schenkel ist durch einen Luftspalt LS aufgetrennt. Die Primärwicklung W1 stellt dabei die Spule L2a gemäß Fig. 1 dar. Die Sekundärwicklung W2 weist einen Mittelabgriff M1 auf, um die Sekundärspulen L2b und L2c zu erhalten.

[0067] Auf der dem Transformator T1 gegenüberliegenden Seite des Kerns ist eine dritte Wicklung W3 vorgesehen, um die Resonanzspule L1 zu bilden. Diese Resonanzspule L1 ist auf einem Schenkel ausgebildet, der ebenfalls durch einen Luftspalt LS aufgetrennt ist.

[0068] Die Fig. 3 zeigt somit einen Transformator gemäß dem Stand der Technik bei dem die Komponenten des Resonanzkreises RK und des Transformators T1 eines LLC-Konverters gemäß Fig. 2 mittels eines Kern und drei Wicklungen möglichst platzsparend realisiert sind. Diese Realisierungsvariante hat eine Mehrzahl von Nachteilen.

[0069] Die Primärwicklung W1 und die Sekundärwicklung W2 sind auf einem gemeinsamen Kernschenkel ausgebildet. Dadurch werden parasitäre Kapazitäten zwischen der Primärwicklung W1 und der Sekundärwicklung W2 gekoppelt. Diese parasitären Kapazitäten erhöhen die Ausgangskapazitäten der Schalter S1 und S2 der Halbbrückenschaltung HB gemäß Fig. 1. Ein ZVS oder ZCS ist somit aufgrund zu verringernder Schaltfrequenzen verschlechtert, da die Totzeit vergrößert wird. Somit kann die Halbbrückenschaltung HB nicht effektiv mit hohen Schaltfrequenzen betrieben werden.

[0070] Ein weiterer Nachteil ist die Verwendung einer dritten Wicklung W3 zur Realisierung der Resonanzspule L1. Die Spule L1 weist eine Induktivität auf, die von der Spuleninduktivität L2a, L2b und L2c stark abweicht. Bevorzugt muss die Resonanzspule L1 sehr klein ausgebildet werden. Diese kleinen Induktivitäten können nur sehr schwer hergestellt werden. Weiterhin werden

bei einer kostengünstigen Massenproduktion große Streuungen beim Induktivitätswert für die Resonanzspule L1 erhalten. Diese zusätzliche Wicklung erhöht überdies die Produktionskosten für LLC-Konverter.

[0071] Insbesondere ist es wünschenswert hohe Streuströme zu erzeugen, welche vergleichsweise größer als die Ströme der Hauptinduktivität des Transformators T1 sein sollen.

[0072] Die genannten Nachteile werden durch die in den Fig. 4 bis 9 gezeigten erfindungsgemäßen Ausführungsformen eines Transformators T1 für einen LLC-Konverter behoben.

[0073] Der Transformator T1 gemäß Fig. 4 weist einen zweiteiligen Kern auf. Der erste Kernteil K1 weist dabei drei Kernschenkel KS1, KS2 und KS3 auf. Die Kernschenkel KS1, KS2 sowie KS3 können unterschiedliche Abmessungen aufweisen, um individuelle magnetische Flüsse Φ , Φ_1 und Φ_s zu erhalten. Gemäß Fig. 4 ist der dritte Kernschenkel KS3 deshalb mit einer geringeren Schenkelweite WS im Vergleich zu der Schenkelweite WS des ersten Kernschenkels KS1 bzw. des zweiten Kernschenkels KS2 ausgebildet. Damit werden die sich gegenüberliegenden Flächen der Kernteile K1 und K2 vergrößert bzw. verkleinert. Alternativ können die Schenkelweiten WS aller Kernschenkel KS1, KS2 und KS3 auch gleichgroß sein, um Herstellungskosten zu minimieren.

[0074] Weiterhin ist der Kernschenkel KS3 symmetrischen zwischen dem ersten Kernschenkel KS1 und dem zweiten Kernschenkel KS2 beabstandet angeordnet. Da möglicherweise unterschiedliche Induktivitäten durch die Wicklungen W1 und W2 erzeugt werden müssen, ermöglicht eine derartige asymmetrische Beabstandung eine platzsparende Ausgestaltung eines Transformators T1. Auf dem ersten Kernschenkel KS1 ist die Primärwicklung W1 angeordnet. Auf dem zweiten Kernschenkel KS2 ist die Sekundärwicklung W2 ausgebildet. Diese Sekundärwicklung W2 umfasst einen Mittelabgriff M1 um die Spulen L2b und L2c des Transformators T1 gemäß Fig. 1 zu erzeugen.

[0075] Überdies ist der Kern K des Transformators T1 mit einem zweiten Kernteil K2 ausgebildet. Der zweite Kernteil K2 ist gemäß Fig. 4 balkenförmig ausgestaltet. Erfindungsgemäß sind auch andere Kernformen möglich, siehe dazu die Ausgestaltungen in den Fig. 5 bis 9. Durch den zweiten Kernteil K2 wird der magnetische Fluss Φ im Kern geführt. Der Kern K des erfindungsgemäßen Transformators T1 gemäß Fig. 4 weist überdies 3 Luftspalte LS1, LS2 und LS3 auf. Die drei Luftspalte LS1, LS2 und LS3 dienen dazu den jeweiligen magnetischen Widerstand R_m der unterschiedlichen magnetischen Pfade individuell zu vergrößern. Da der magnetische Widerstand R_m direkt proportional zur Länge eines Luftspaltes ist, kann durch die drei Luftspalte LS1, LS2 und LS3 für jede Induktivität ein individueller magnetische Widerstand R_m eingestellt werden.

[0076] Gemäß Fig. 4 ist der dritte Luftspalt LS3 zwischen dem dritten Kernschenkel KS3 und dem zweiten Kernteil K2 wesentlich größer ausgestaltet als der erste Luftspalt LS1 oder der zweite Luftspalt LS2. Somit wird der magnetische Streufluss Φ_s durch den dritten Kernschenkel KS3 individuell verändert und in seiner Größe beeinflusst. Auch der Luftspalt LS2 der zum Einstellen des magnetischen Flusses Φ_1 hin zur Sekundärwicklung W2 vorgesehen ist, kann unterschiedlich zur Länge des Luftspalts LS1 ausgebildet sein. Es ist überdies möglich, dass der Luftspalt LS1 gar nicht vorhanden ist.

[0077] In Fig. 5 ist ein weiteres Ausführungsbeispiel eines Kerns eines erfindungsgemäßen Transformators für einen LLC-Konverter gezeigt. Die Darstellung in Fig. 5 ist dabei perspektivisch, weitere Darstellungen von Teilen des Kerns sind in Fig. 6, Fig. 7a und Fig. 7b gezeigt.

[0078] Dabei ist ein erster Kernteil K1 F-förmig ausgebildet. Ein zweiter Kernteil ist L-förmig ausgebildet. Der erste Kernteil K1 und der zweite Kernteil K2 bilden zusammen den Kern für den erfindungsgemäßen Transformator mit drei Kernschenkeln KS1, KS2, KS3.

[0079] Der erste Kernschenkel KS1 und der dritte Kernschenkel KS3 sind dabei durch den ersten Kernteil K1 gebildet. Die Weite WS des ersten Kernschenkels KS1 ist dabei von der Weite WS des dritten Kernschenkels KS3 verschieden, um die oben beschriebenen unterschiedlichen Effekte zu erzielen. Alternativ sind die Weiten WS der Kernschenkel KS1 und KS3 gleich.

[0080] Der zweite Kernschenkel KS2 ist durch den zweiten Kernteil K2 gebildet. Die Weite WS des zweiten Kernschenkels KS2 ist dabei von der Weite WS des dritten Kernschenkels KS3 verschieden, um die oben beschriebenen unterschiedlichen Effekte zu erzielen.

[0081] Wenn die beiden Kernteile K1, K2 zusammengefügt werden, ist zwischen dem ersten Kernschenkel KS1 des ersten Kernteils K1 und dem zweiten Kernteil K2 der erste Luftspalt LS1 (nicht dargestellt) vorgesehen und zwischen dem dritten Kernschenkel KS3 des ersten Kernteils K1 und dem zweiten Kernteil K2 der dritte Luftspalt LS3 (nicht dargestellt) vorgesehen. Der erste Luftspalt LS1 ist größer als der dritte Luftspalt LS3, um die oben beschriebenen Effekte zu erzielen.

[0082] Wenn die beiden Kernteile K1, K2 zusammengefügt werden, ist zwischen dem zweiten Kernschenkel KS2 des zweiten Kernteils K2 und dem ersten Kernteil K1 der zweite Luftspalt LS2 (nicht dargestellt) vorgesehen. Der zweite Luftspalt LS2 ist gemäß Fig. 5 zwischen einer Seitenwand des ersten Kernteils K1 und einer Seitenwand des zweiten Kernteils K2 ausgebildet. Alternativ ist der zweite Luftspalt LS2 zwischen einer Innenseite des ersten Kernteils K1 und einer Außenseite des zweiten Kernteils K2 ausgebildet, so wie beispielsweise in Fig. 9 gezeigt.

[0083] In Fig. 6a ist eine Seitenansicht des zweiten Kernteils K2 des Kerns gemäß Fig. 5 dargestellt. Die Fig. 6a stellt eine technische Zeichnung dar und ist maßstabsgetreu. Alle Maßangaben stellen lediglich beispielhafte Werte dar und können im Rahmen der Erfindung variieren. Der zweite Kernteil K2 ist dabei L-förmig ausgebildet. Die äußeren Ecken des zweiten Kernteils K2 sind abgerundet, wobei hier ein Radius von 0,50 Zentimeter zur Abrundung verwendet wurde. Die Schenkelweite WS des zweiten Kernschenkels KS2 beträgt hier 2,80 Zentimeter. Die Rahmendinge ist größer als die Schenkelweite WS. Sie beträgt hier 3,95 Zentimeter.

[0084] In Fig. 6b ist eine Draufsicht eines zweiten Kernteils K2 des Kerns gemäß Fig. 5 dargestellt. Die Fig. 6b stellt eine technische Zeichnung dar und ist maßstabsgetreu. Alle Maßangaben stellen lediglich beispielhafte Werte dar und können im Rahmen der Erfindung variieren. Der Rahmen des Kerns wird durch auch durch die Maße des zweiten Kernteils K2 bestimmt. Der Rahmen weist eine Gesamtlänge von 15,75 Zentimeter und eine Breite von 10,60 Zentimeter auf.

[0085] In Fig. 7a ist eine Seitenansicht eines ersten Kernteils K1 des Kerns gemäß Fig. 5 dargestellt. Die Fig. 7a stellt eine technische Zeichnung dar und ist maßstabsgetreu. Alle Maßangaben stellen lediglich beispielhafte Werte dar und können im Rahmen der Erfindung variieren. Der erste Kernteil K1 ist dabei F-förmig ausgebildet. Die äußeren Ecken des ersten Kernteils K1 sind abgerundet, wobei hier ein Radius von 0,50 Zentimeter zur Abrundung verwendet wurde. Die Schenkelweite WS des ersten Kernschenkels KS1 beträgt hier 3,95 Zentimeter. Somit ist der erste Kernschenkel KS1 ca. 1,4-fach weiter als der zweite Kernschenkel KS2 des zweiten Kernteils K2, wodurch die Induktivitäten unterschiedlich eingestellt wurden sind. Die Rahmendinge ist im ersten Kernteil K1 gleich der Schenkelweite WS. Sie beträgt hier 3,95 Zentimeter. Der dritte Schenkel KS3 ist ebenfalls durch den ersten Kernteil K1 gebildet. Die Schenkelweite WS des dritten Kernschenkels KS3 beträgt 2 Zentimeter, sodass der dritte Schenkel KS3 am schmalsten ausgebildet ist. Die Höhe des dritten Schenkels KS3 beträgt 5,3 Zentimeter, sodass der dritte Luftspalt LS3 (nicht dargestellt) größer ist als der erste Luftspalt LS1 (nicht dargestellt) oder der zweite Luftspalt LS2 (nicht dargestellt).

[0086] In Fig. 7b ist eine Draufsicht eines ersten Kernteils K1 des Kerns gemäß Fig. 5 dargestellt. Die Fig. 7b stellt eine technische Zeichnung dar und ist maßstabsgetreu. Alle Maßangaben stellen lediglich beispielhafte Werte dar und können im Rahmen der Erfindung variieren. Der Rahmen des Kerns wird durch auch durch die Maße des zweiten Kernteils K2 bestimmt. Der Rahmen weist eine Gesamtbreite von 10,60 Zentimeter auf.

[0087] Bei Zusammenfügen des ersten Kernteils K1 und des zweiten Kernteils K2 werden die Kernschenkel KS1, KS2 und KS3 symmetrisch angeordnet.

[0088] In Fig. 8 ist ein zweites Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Transformators T1 für einen LLC-Konverter dargestellt. Im Unterschied zu Fig. 4, ist im Transformator gemäß Fig. 8 ein Kern gemäß der Fig. 5 bis Fig. 7 verwendet. Somit ist der erste Kernteil K1 F-förmig ausge-

bildet und der zweite Kernteil K2 ist L-förmig ausgebildet. Durch diese Ausgestaltung der Kernteile K1, K2 können die Schenkelweiten WS der einzelnen Schenkel KS1, KS2, KS3 sowie die Längen der Luftspalten LS1, LS2, LS3 unterschiedlich ausgebildet werden, wie es beispielhaft in den Fig. 6a, Fig. 6b, Fig. 7a und Fig. 7a gezeigt ist. Derartige Kernteile K1, K2 lassen sich einfach herstellen und stellen gerade bei der Massenproduktion der Transformatoren vereinfachte Fertigungsverfahren dar.

[0089] Ein weiterer Vorteil dieser Kernteile K1, K2 ist die Möglichkeit, die Luftspalte LS1 und LS2 nachträglich unabhängig voneinander justieren zu können. Wird beispielsweise der Luftspalt LS1 zwischen erstem Kernteil K1 und zweiten Kernteil K2 variiert, kann der zweite Luftspalt LS2 konstant gehalten bleiben. Ebenso kann bei Variieren der Länge des Luftspalts LS2 der Luftspalt LS1 konstant gehalten werden. Ein mögliches nachträgliches Einstellen der Induktivitäten des Transformators T1 wird dabei hochflexibel.

[0090] In Fig. 9 ist ein drittes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Transformators T1 für einen LLC-Konverter dargestellt. Im Unterschied zu Fig. 4, ist auch im Transformator T1 gemäß Fig. 9 ein Kern gemäß der Fig. 5 bis Fig. 7 verwendet. Somit ist der erste Kernteil K1 F-förmig ausgebildet und der zweite Kernteil K2 ist L-förmig ausgebildet. Die Ausgestaltungsmöglichkeiten dieses Kerns wurden ausreichend mit Beschreibung der Fig. 8 erläutert.

[0091] Der Transformator T1 gemäß Fig. 8 und Fig. 9 hat zudem den Vorteil, dass die Primärwicklung W1 auf dem ersten Kernteil K1 platziert wird, während die Sekundärwicklung W2 auf dem zweiten Kernteil K2 platziert wird. Dies hat unter Umständen fertigungstechnische Vorteile und ermöglicht eine kostengünstigere Produktion des Transformators T1.

[0092] Mit allen Ausführungsbeispielen der Erfindung kann über die geometrische Ausgestaltung des Kerns K des Transformators T1 eine individuelle Anpassung der Induktivitätswerte L1, L2, L2a, L2b, L2c erzielt werden.

[0093] Aufgrund der unterschiedlichen Ausgestaltung der Primärwicklung W1 zur Sekundärwicklung W2 konnte ein vollkommen neues Design für einen Kern für einen Transformator T1 entwickelt werden. Der dritte Kernschenkel KS3 agiert auch als magnetischer Shuntwiderstand.

[0094] Der primärseitig induzierte magnetische Fluss Φ wird erfindungsgemäß in einen magnetischen Streufluss Φ_S am dritten Kernschenkel KS3 und einen magnetischen Fluss Φ_2 durch die Sekundärwicklung W2 aufgeteilt, wobei durch unterschiedliche Ausgestaltungen der einzelnen magnetischen Pfade durch unterschiedliche Luftspaltlängen, andere Schenkelabmessungen und andere Schenkelmateriale die Induktivitäten L1 und L2 individuell anpassbar sind.

[0095] Durch die Ausgestaltungen des Transformators T1 und der erfindungsgemäßen Art und Weise erfolgt eine galvanische Trennung der Primärwicklung W1 und der Sekundärwicklung W2 wodurch die Gesamtgröße des Transformators T1 reduziert wird und die Anzahl der Komponenten weiter verringert wird. Der LLC-Konverter gemäß der Erfindung umfasst lediglich nunmehr zwei Wicklungen W1, W2 während die Ausgestaltung gemäß dem Stand der Technik eine separate dritte Wicklung W3 zur Realisierung der Resonanzspule L1 zwingend vorsehen. Durch die galvanische Trennung werden die parasitären Kapazitäten weiter reduziert und eine höhere Schaltfrequenz am Halbbrückenschalter HB ermöglicht.

[0096] Im Rahmen der Erfindung können alle beschriebenen und/oder gezeichneten und/oder beanspruchten Elemente beliebig miteinander kombiniert werden.

BEZUGSZEICHENLISTE

C1	Resonanzkondensator
C2	Ladekondensator
D1,D2	Gleichrichterdiode
K1	Erster Kernteil
K2	Zweiter Kernteil
KS1	erster Schenkel des ersten Kernteils
KS2	zweiter Schenkel des ersten Kernteils
KS3	dritter Schenkel des ersten Kernteils
L1	Resonanzspule
L2	Shuntspule
L2a	primärseitige Spule des Transformators
L2b	erste sekundärseitige Spule des Transformators
L2c	zweite sekundärseitige Spule des Transformators
LED	Leuchtmittel
LS1	Erster Luftspalt
LS2	Zweiter Luftspalt
LS3	Dritter Luftspalt
M	Mittenpunkt der Halbbrücke
M1	Mittelabgriff der Sekundärwicklung#
RK	Resonanzkreis
S1	erster Schalter der Halbbrücke
S2	zweiter Schalter der Halbbrücke
SE	Steuerschaltung
SR1	Erster Signalpfad
SP2	Zweiter Signalpfad
T1	Transformator
W1	Primärwicklung
W2	Sekundärwicklung
Φ	Magnetischer Fluss der Primärseite
Φ_1	Magnetischer Fluss der Sekundärseite
Φ_s	Magnetischer Fluss der Streuinduktivität
WS	Schenkelweite

Ansprüche

1. Transformator (T1) für einen LLC-Konverter zum Betreiben mindestens eines Leuchtmittels (LED), wobei der Transformator (T1) aufweist:
 - eine Primärwicklung (W1) zum Anschluss an einen Resonanzkreis (RK) des LLC-Konverters, wobei die Primärwicklung (W1) auch die Shuntspule (L2) des Resonanzkreises (RK) bildet,
 - eine Sekundärwicklung (W2) zum Versorgen des zumindest einen Leuchtmittels (LED), beispielsweise einer LED- Strecke, und
 - einen rahmenförmigen Kern, wobei der Kern einen ersten Kernteil (K1) und einen zweiten Kernteil (K2) aufweist,
dadurch gekennzeichnet,
dass der erste Kernteil (K1) zumindest drei Kernschenkel (KS1, KS2, KS3) aufweist, wobei an einem ersten Kernschenkel (KS1) die Primärwicklung (W1) angeordnet ist und an einem zweiten Kernschenkel (KS2) die Sekundärwicklung (W2) angeordnet ist; und
dass die Resonanzspule (L1) des LLC-Konverters durch die Primärwicklung (W1) und den dritten Kernschenkel (KS3) gebildet ist.
2. Transformator nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**,
dass der erste Kernteil (K1) und der zweite Kernteil (K2) zusammen den Kern mit den zumindest drei Kernschenkel (KS1, KS2, KS3) bilden; und/oder
dass der erste Kernteil (K1) E-förmig ausgebildet ist und die drei Kernschenkel (KS1, KS2, KS3) aufweist und zwischen den drei Kernschenkel (KS1, KS2, KS3) des ersten Kernteils (K1) und dem zweiten Kernteil (K2) jeweils ein Luftspalt (LS1, LS2, LS3) gebildet ist; und/oder
dass der zweite Kernteil (K2) balkenförmig ausgebildet ist; und/oder
dass der zweite Kernteil (K2) E-förmig ausgebildet ist, sodass die drei Kernschenkel (KS1, KS2, KS3) von beiden Kernteilen (K1, K2) gemeinsam gebildet werden und zwischen den drei Kernschenkel (KS1, KS2, KS3) des ersten Kernteils (K1) und den drei Kernschenkel (KS1, KS2, KS3) des zweiten Kernteils (K2) jeweils ein Luftspalt (LS1, LS2, LS3) gebildet ist; und/oder
dass ein F-förmiger Kernteil (K1) und ein L-förmiger Kernteil (K2) zusammen den Kern mit den zumindest drei Kernschenkel (KS1, KS2, KS3) bildet, wobei zwischen den Kernschenkel (KS1, KS3) des ersten Kernteils (K1) und dem zweiten Kernteil (K2) jeweils ein Luftspalt (LS1, LS3) gebildet ist und wobei zwischen dem Kernschenkel (KS2) des zweiten Kernteils (K2) und dem ersten Kernteil (K1) ein Luftspalt (LS2) gebildet ist; und/oder
dass der dritte Kernschenkel (KS3) symmetrisch oder asymmetrisch beabstandet zwischen dem ersten Kernschenkel (KS1) und dem zweiten Kernschenkel (KS2) angeordnet ist.
3. Transformator nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**,
dass ein erster Luftspalt (LS1) zwischen dem ersten Kernteil (K1) und dem zweiten Kernteil (K2) eine von einem zweiten Luftspalt (LS2) zwischen dem ersten Kernteil (K1) und dem zweiten Kernteil (K2) verschiedene Länge aufweist; und/oder
dass ein dritter Luftspalt (LS3) zwischen dem dritten Kernschenkel (KS3) des ersten Kernteils (K1) und dem zweiten Kernteil (K2) eine vom ersten Luftspalt (LS1) oder vom zweiten Luftspalt (LS2) verschiedene Länge aufweist.
4. Transformator nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**,
dass der Resonanzkreis (RK) von einem Mittelpunkt (M) zweier in Serie geschalteter Schalter (S1, S2) einer Halbbrückenschaltung (HB) versorgt ist; und/oder
dass der Resonanzkreis (RK) den Transformator (T1) mit einer Wechselspannung speist; und dass die Sekundärwicklung (W2) einen Mittelabgriff (M1) aufweist, sodass auf der Sekundärseite des Transformators je ein Strompfad (SP1, SP2) für jede der beiden Polaritäten der Wechselspannung vorgesehen ist.

5. LLC-Konverter zum Betreiben mindestens eines Leuchtmittels (LED), beispielsweise einer LED-Strecke, wobei der LLC-Konverter aufweist:
 - eine Halbbrückenschaltung (HB) mit zwei in Serie geschalteten Schaltern (S1, S2), die von einer Steuerschaltung (SE) angesteuert werden,
 - einen ausgehend von einem Mittelpunkt (M) der beiden Schalter (S1, S2) versorgten Resonanzkreis (RK),
 - einen Transformator (T1), der primärseitig mit einer vom Resonanzkreis (RK) bereitgestellten Wechselspannung gespeist wird und der sekundärseitig je ein Strompfad (SP1, SP2) für jede der beiden Polaritäten der Wechselspannung vorsieht, **dadurch gekennzeichnet**,
dass der Transformator (T1) seine Primärwicklung (W1) auf einem ersten Kernschenkel (KS1) eines Kerns aufweist; und
dass der Transformator (T1) seine Sekundärwicklung (W2) auf einem zweiten Kernschenkel (KS2) des Kerns aufweist; und
dass sowohl die Resonanzspule (L1) als auch die Shuntspule (L2) des LLC-Konverters durch die Primärwicklung (W1) und einen dritten Kernschenkel (KS3) des Kerns gebildet ist.
6. LLC-Konverter nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**,
dass die Sekundärwicklung (W2) einen Mittelabgriff (M1) aufweist, um den Strompfad (SP1, SP2) für jede der beiden Polaritäten der Wechselspannung zu erzeugen.
7. LLC-Konverter nach einem der Ansprüche 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet**,
dass die Steuerschaltung (SE) die Taktung der beiden Schalter (S1, S2) der Halbbrückenschaltung (HB) einstellt.
8. LLC-Konverter nach einem der Ansprüche 5 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**,
dass ein erster Kernteil (K1) und ein zweiter Kernteil (K2) zusammen den Kern mit den zumindest drei Kernschenkeln (KS1, KS2, KS3) bilden; und/oder
dass der erste Kernteil (K1) E-Förmig oder F-Förmig ausgebildet ist und zwischen den drei Kernschenkel (KS1, KS2, KS3) des ersten Kernteils (K1) und dem zweiten Kernteil (K2) jeweils ein Luftspalt (LS1, LS2, LS3) gebildet ist; und/oder
dass der zweite Kernteil (K2) balkenförmig oder L-Förmig ausgebildet ist.
9. LLC-Konverter nach einem der Ansprüche 5 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**,
dass der dritte Kernschenkel (KS3) asymmetrisch beabstandet zwischen dem ersten Kernschenkel (KS1) und dem zweiten Kernschenkel (KS2) angeordnet ist.
10. LLC-Konverter nach einem der Ansprüche 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet**,
dass ein erster Luftspalt (LS1) zwischen dem Kernteil (K1) und dem zweiten Kernteil (K2) eine von einem zweiten Luftspalt (LS2) zwischen dem ersten Kernteil (K1) und dem zweiten Kernteil (K2) verschiedene Länge aufweist; und/oder
dass ein dritter Luftspalt (LS3) zwischen dem ersten Kernteil (K1) und dem zweiten Kernteil (K2) eine vom ersten Luftspalt (LS1) oder vom zweiten Luftspalt (LS2) verschiedene Länge aufweist.

Hierzu 9 Blatt Zeichnungen

2/9

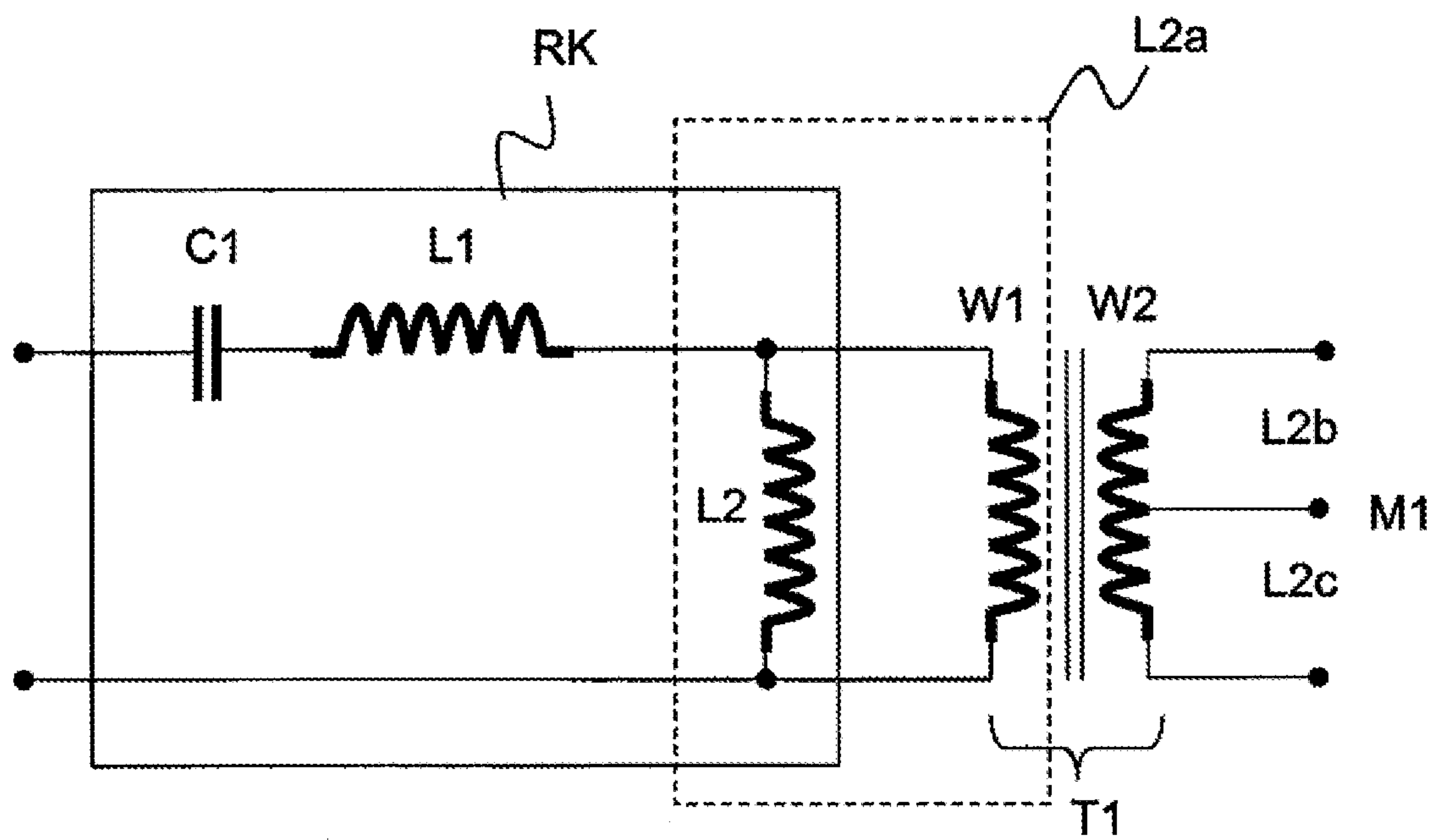


Fig. 2 - Stand der Technik

3/9

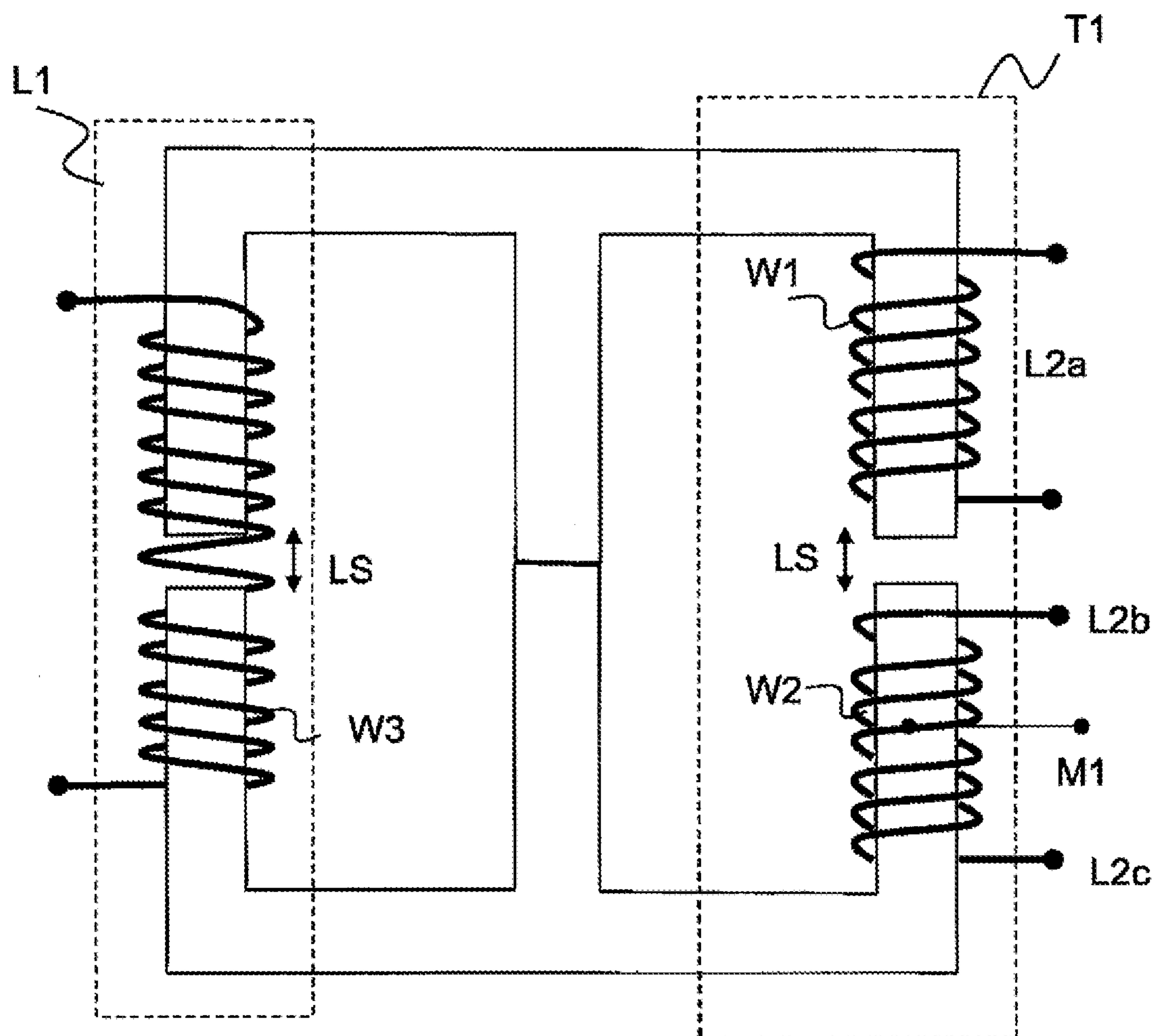


Fig. 3 - Stand der Technik

4/9

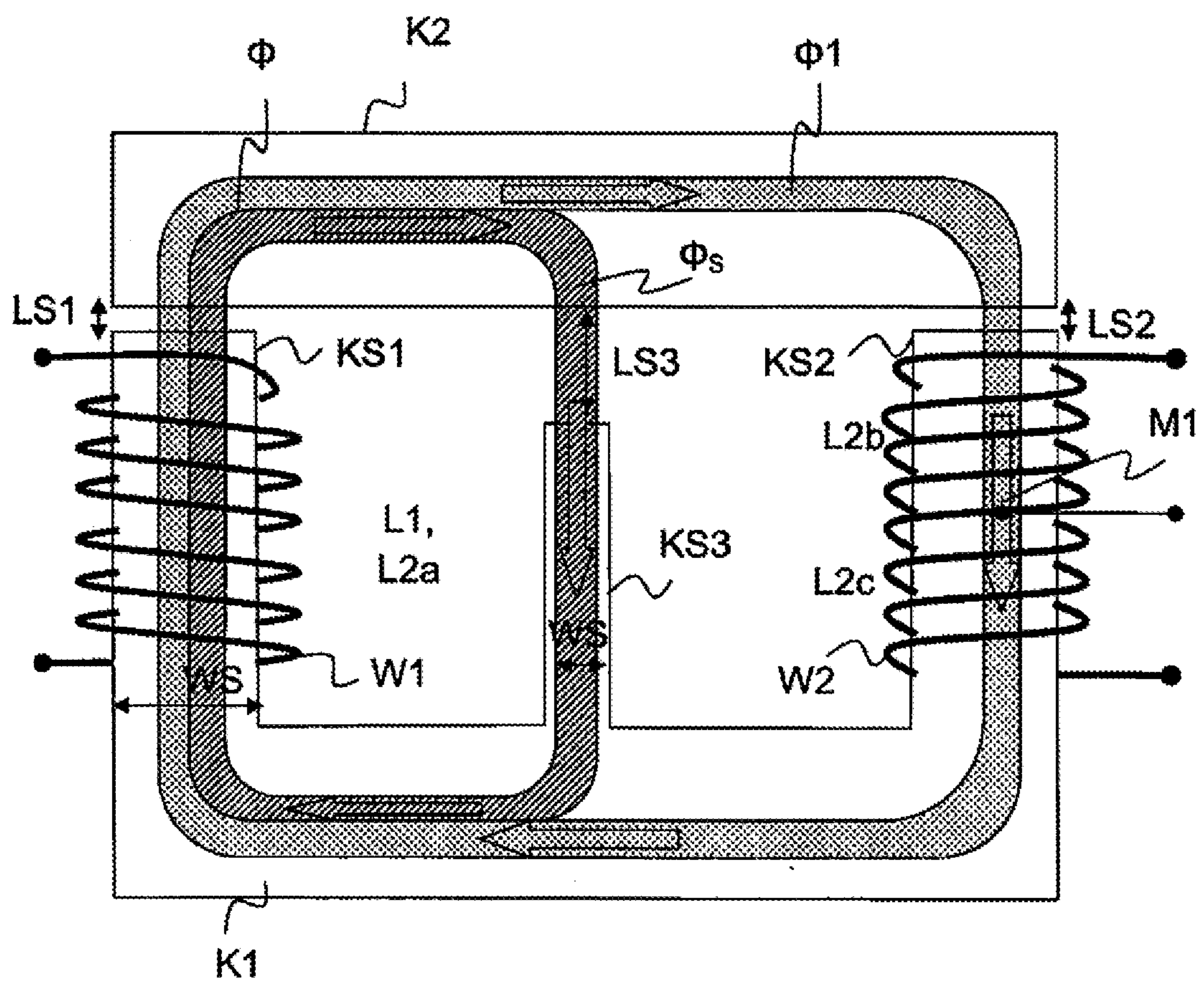


Fig.4

5/9

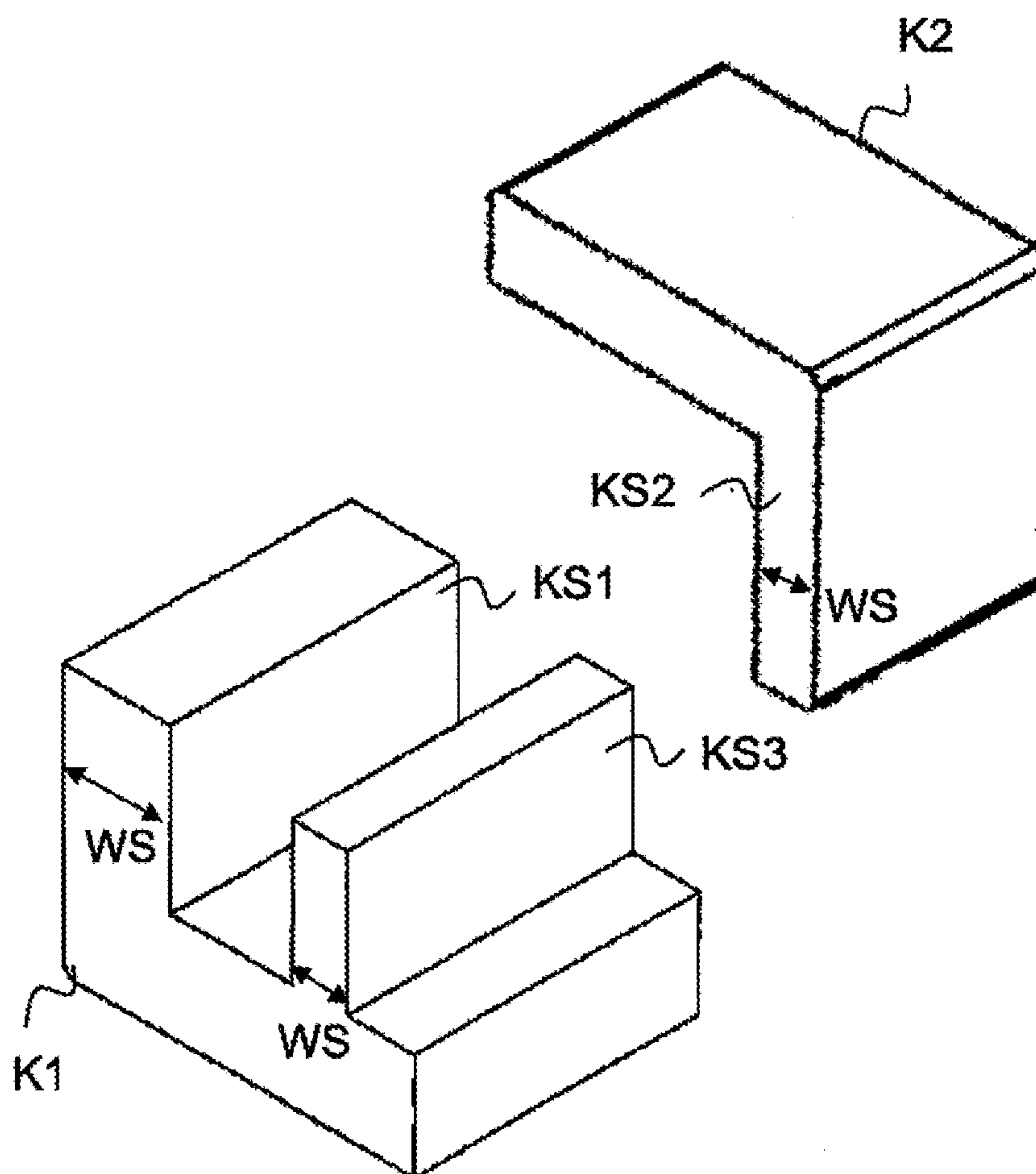


Fig.5

6/9

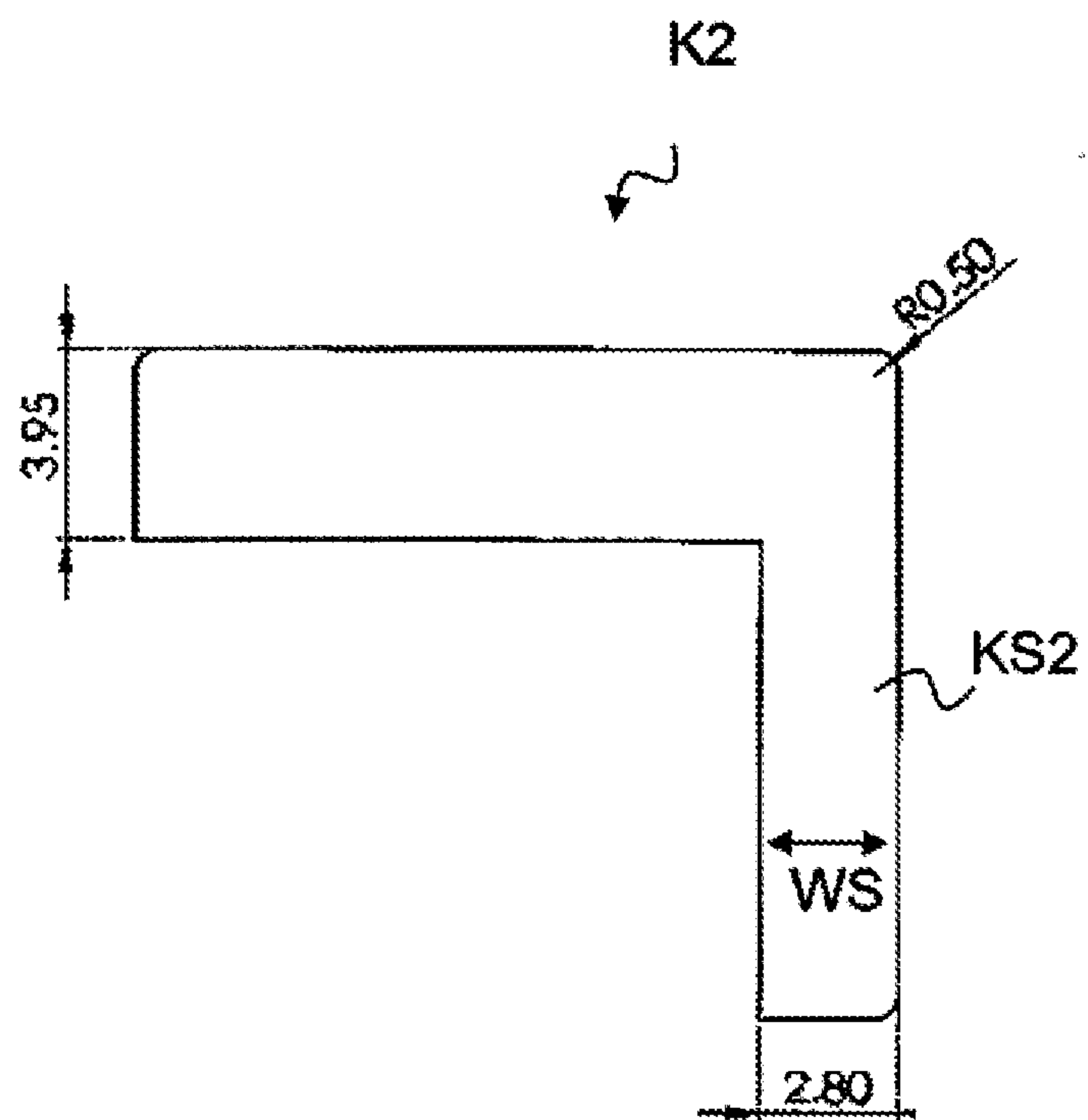


Fig.6

719

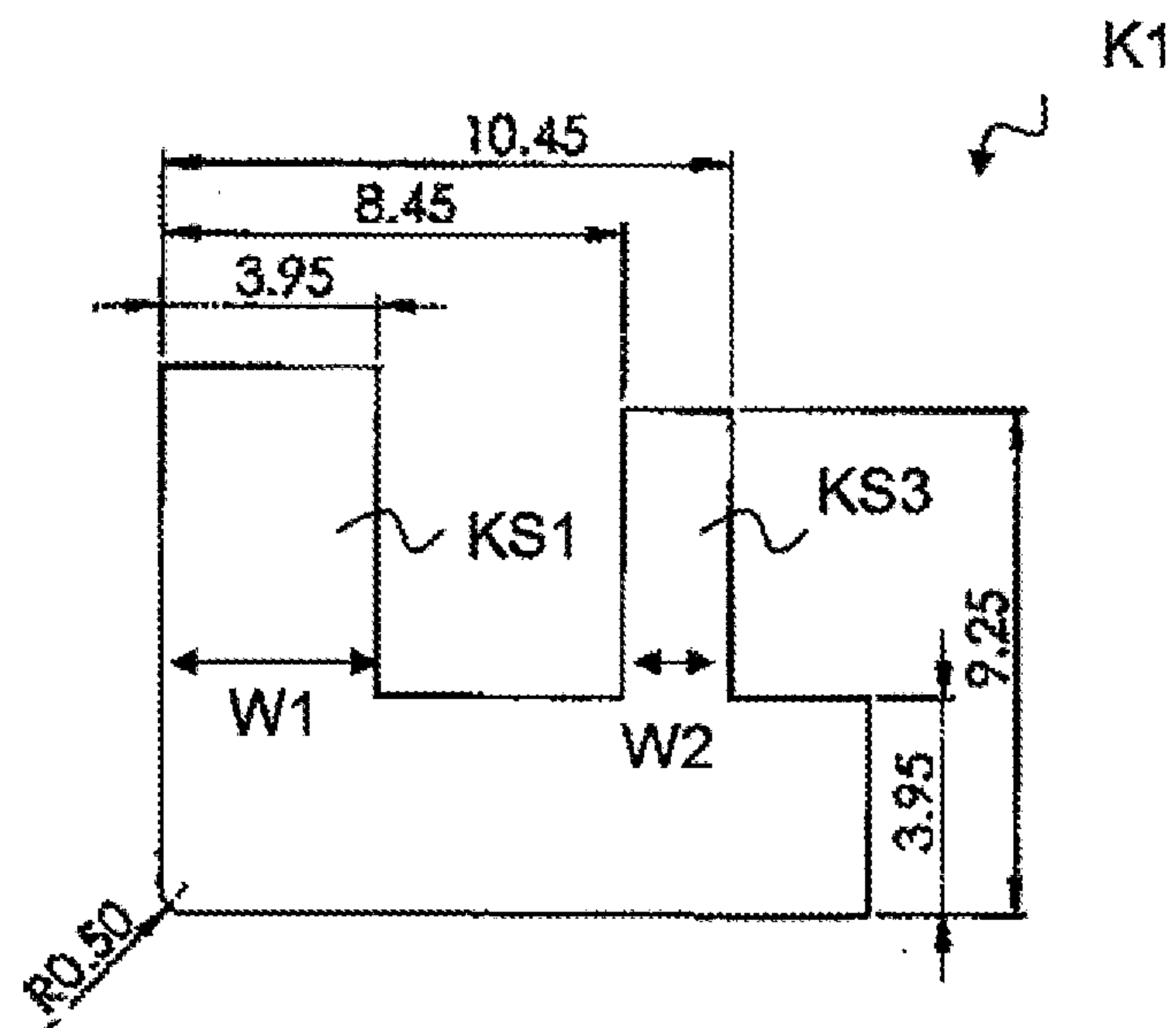


Fig. 7a

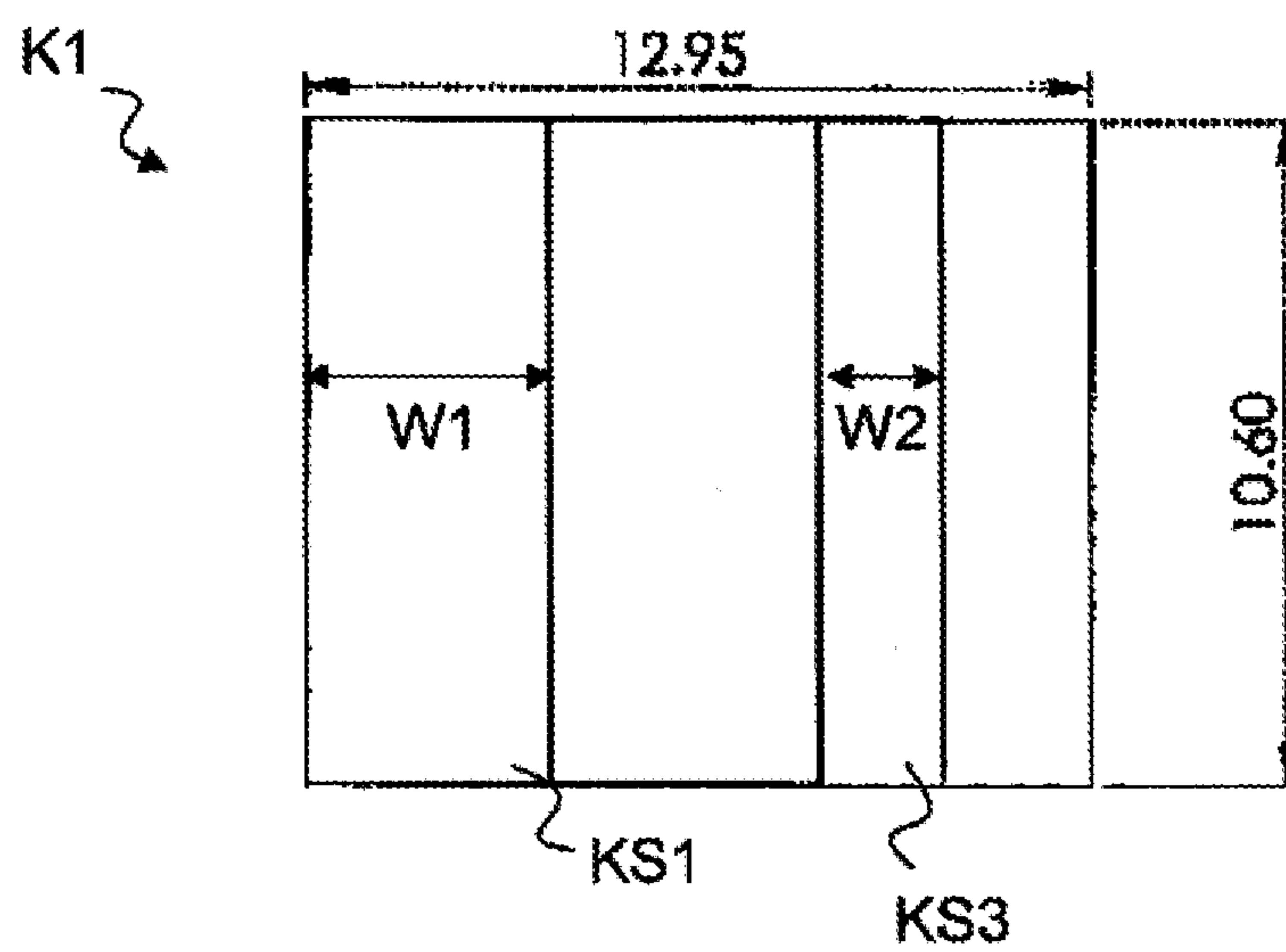


Fig. 7b

8/9

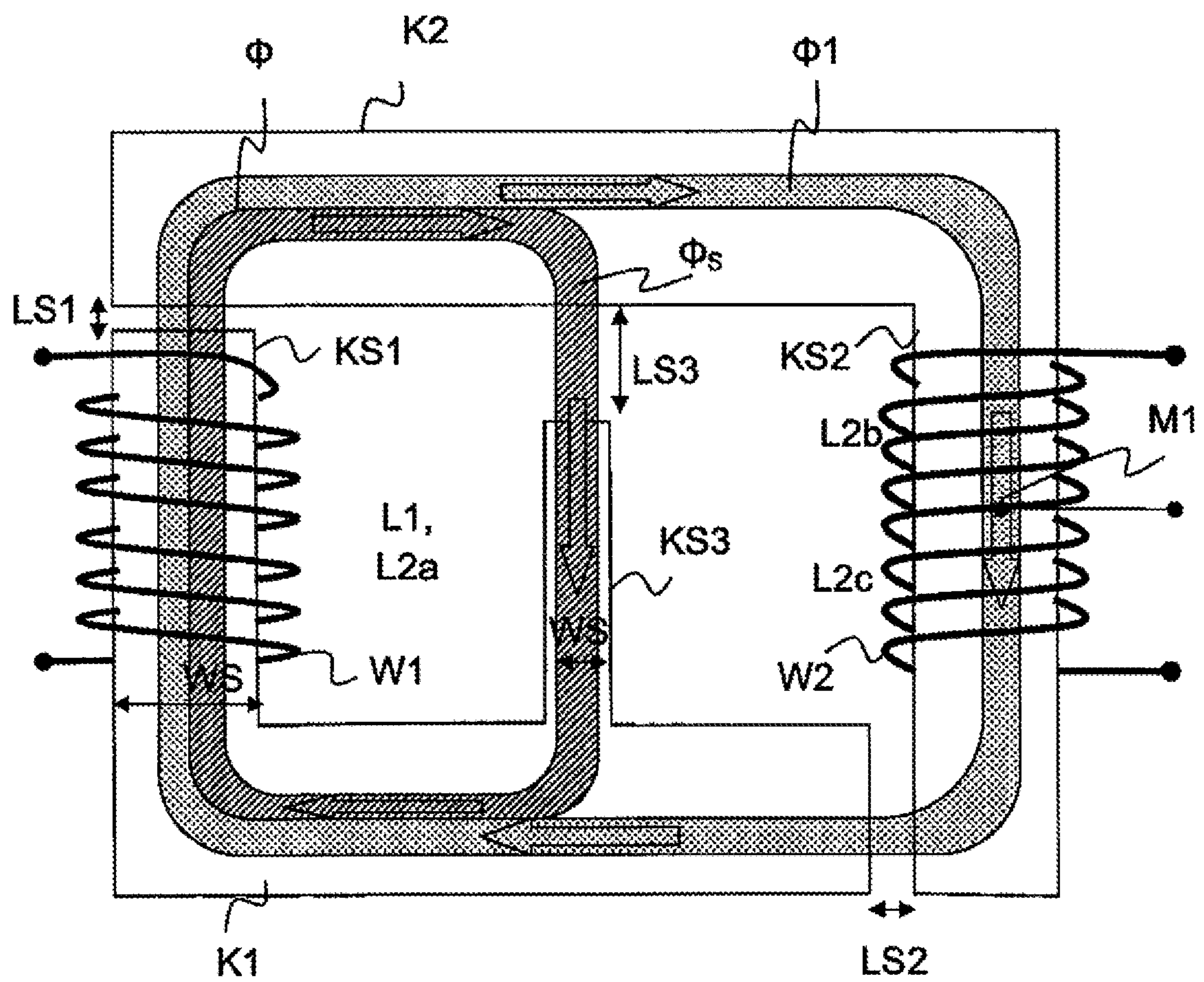


Fig. 8

9/9

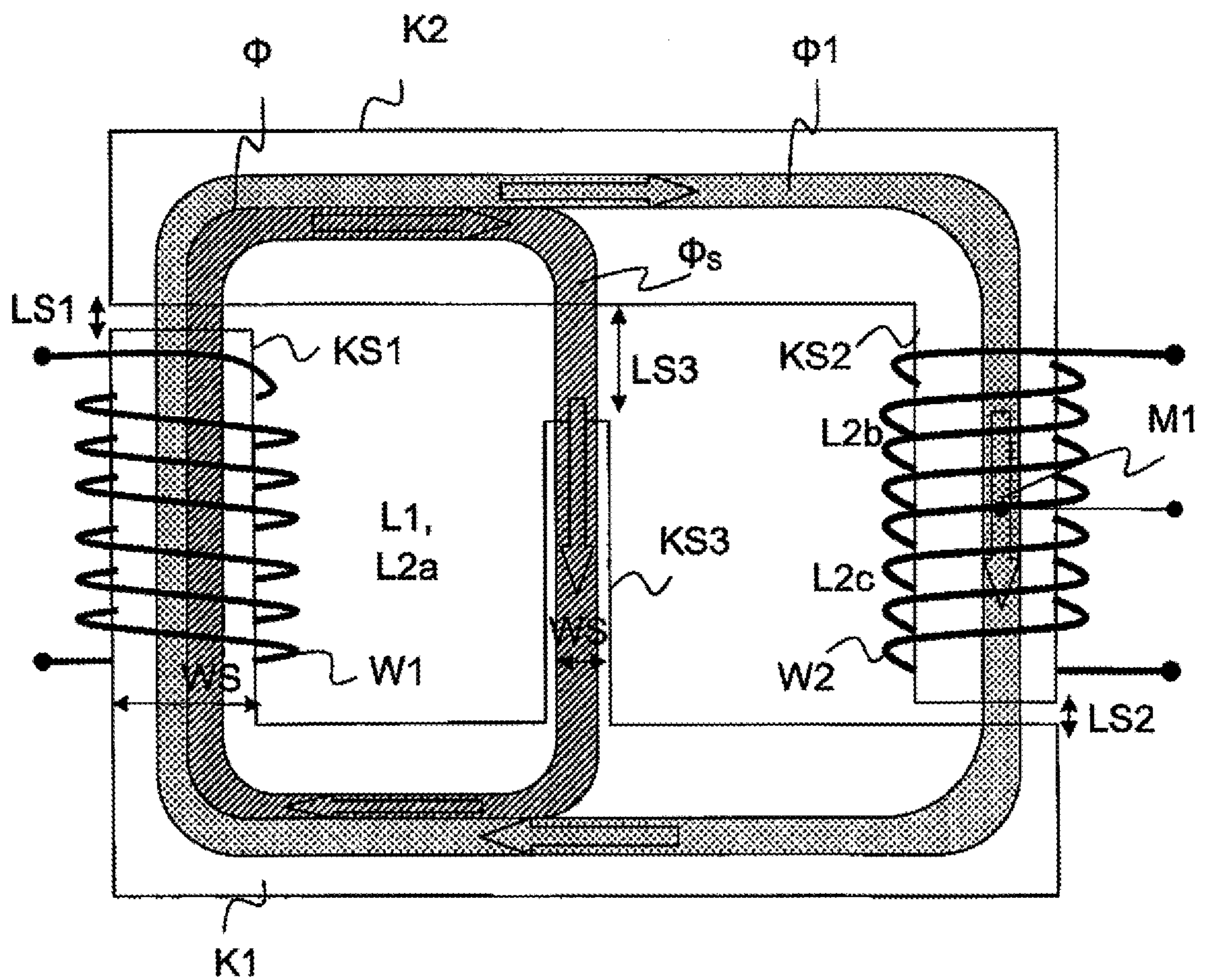


Fig. 9

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC: H02M 3/337 (2006.01); H01F 3/14 (2006.01); G05F 1/13 (2006.01)		
Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß CPC: H02M 3/337 (2013.01); H01F 3/14 (2013.01); G05F 1/13 (2017.08)		
Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation): H02M, H01F, G05F		
Konsultierte Online-Datenbank: WPI, EPODOC, IEEE		
Dieser Recherchenbericht wurde zu den am 14.07.2015 eingereichten Ansprüchen 1-10 erstellt.		
Kategorie*)	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungs- datum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend An- spruch
X	TW 201332274 A (NIAN XIAO-XIAN, ZHANGJIAN SHI-KUN) 01. Au- gust 2013 (01.08.2013) Absätze [0016, 0017]; Fig. 6.1 bis 6-10.	1-10
A	CN 204189571 U (CHINA SOUTH POWER GRID ELECTRIC POWER RES INST CO) 04. März 2015 (04.03.2015) Anspruch 1; Fig. 2,	1-10
A	EP 1014397 A1 (CIT ALCATEL) 28. Juni 2000 (28.06.2000) Absatz [0027]; Fig. 2.	1-10
Datum der Beendigung der Recherche: 10.12.2019		Seite 1 von 1
		Prüfer(in): MEHLMAUER Adolf
*) Kategorien der angeführten Dokumente: X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung: der Anmeldungsgegen- stand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfin- derischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden. Y Veröffentlichung von Bedeutung: der Anmeldungsgegenstand kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Ver- öffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist. A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert. P Dokument, das von Bedeutung ist (Kategorien X oder Y), jedoch nach dem Prioritätstag der Anmeldung veröffentlicht wurde. E Dokument, das von besonderer Bedeutung ist (Kategorie X), aus dem ein „älteres Recht“ hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen). & Veröffentlichung, die Mitglied der selben Patentfamilie ist.		