



(12) Ausschließungspatent

(11) DD 293 462 A5

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1
Patentgesetz der DDR
vom 27. 10. 1983
in Übereinstimmung mit den entsprechenden
Festlegungen im Einigungsvertrag

5(51) H 02 J 7/00

DEUTSCHES PATENTAMT

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21)	DD H 02 J / 339 356 2	(22)	03.04.90	(44)	29.08.91
(31)	P3910904.6	(32)	04.04.89	(33)	DE
(71)	siehe (73)				
(72)	Seyferth, Wolfhard, DE				
(73)	ELEKTRON – BREMEN Fabrik für Elektrotechnik GmbH, Am Hohentorshafen 17–19, W - 2800 Bremen 1, DE				
(74)	Patentanwälte Meissner, Bolte und Partner, Hollerallee 73, W - 2800 Bremen 1, DE				

(54) Verfahren zur Überwachung des Ladezustandes einer wiederaufladbaren, verschlossenen Batterie

(55) Verfahren; Überwachung; Ladezustand; wiederaufladbare, verschlossene Batterie; Ruhespannung; Referenzspannung; Entladeschlussspannung; Klemmenspannungsanstieg; Tiefentladung

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Überwachung des Ladezustandes einer wiederaufladbaren, verschlossenen Batterie. In wiederaufladbaren, verschlossenen Batterien kommt es im Laufe der Zeit aufgrund einer Wasserzersetzung zu einem Anstieg der Säuredichte und damit auch zu einem Anstieg der Klemmenspannung im geladenen Zustand. Ergebnisse von Verfahren zur Überwachung des Ladezustands von Batterien werden durch diesen Effekt verfälscht. Das neue Verfahren soll die Verfälschung ausgleichen und eine schädliche Tiefentladung verhindern. Nach jedem Ladevorgang wird eine Ruhespannung U_0 gemessen und mit einer für eine geladene Batterie üblichen Referenzspannung U_{Ref} verglichen. Die ermittelte Differenz dient zur Bestimmung einer korrigierten Entladeschlussspannung U_{KES} , bei der die Batterie abgeschaltet werden muß. Das Verfahren eignet sich insbesondere für die Überwachung des Ladezustandes einer wiederaufladbaren, verschlossenen Batterie mit festgelegtem Elektrolyten, wie sie in batteriebetriebenen Fahrzeugen im intermittierenden Betrieb verwendet werden. Fig. 1

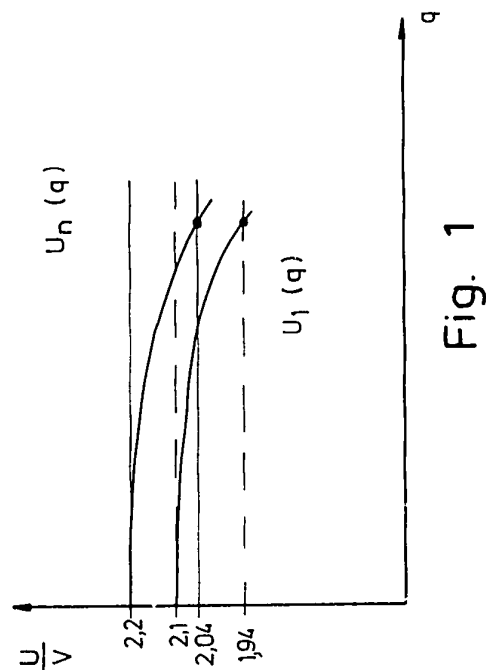


Fig. 1

Patentansprüche:

1. Verfahren zur Überwachung des Ladezustandes einer wiederaufladbaren, verschlossenen Batterie, wobei zumindest die Klemmenspannung gemessen wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Klemmenspannung U_{KL} nach einer Ladung der Batterie – nach mindestens einer Belastung – gemessen und als Ruhespannung U_0 gespeichert wird, daß zu verschiedenen Zeitpunkten die Momentanspannung U_{ii} an den Klemmen gemessen wird, und daß der Entladezustand in Abhängigkeit von der Differenz aus Ruhespannung U_0 und Momentanspannung U_{ii} ermittelt wird.
2. Verfahren zur Überwachung des Ladezustandes einer wiederaufladbaren, verschlossenen Batterie, wobei zumindest die Klemmenspannung gemessen wird, **gekennzeichnet durch** folgende Merkmale:
 - a) – Die an einer neuen Batterie üblicherweise anliegende Klemmenspannung ist als Referenzspannung U_{Ref} abgespeichert;
 - b) – nach einer Ladung der Batterie – nach mindestens einer Belastung – wird jeweils die Klemmenspannung U_{KL} gemessen;
 - die Differenzspannung $U_{DKL} = U_{KL} - U_{Ref}$ wird errechnet,
 - zu einer vorher bestimmten Entladeschlußspannung U_{ES} wird die Differenzspannung U_{DKL} addiert und so die korrigierte Entladeschlußspannung $U_{KES} = U_{ES} + U_{DKL}$ berechnet und gespeichert;
 - c) – zu verschiedenen Zeitpunkten wird die Momentanspannung U_{ii} an den Klemmen gemessen,
 - sobald die Momentanspannung U_{ii} der korrigierten Entladeschlußspannung U_{KES} entspricht, gilt der Entladezustand als erreicht.
3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Differenzspannung U_{DKL} für den Fall $U_{KL} < U_{Ref}$ nicht errechnet, sondern als $U_{DKL} = 0$ gesetzt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß im Falle $U_{KL} < U_{Ref}$ die Momentanspannung U_{ii} mit der Entladespannung U_{ES} verglichen und so der Entladezustand ermittelt wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Momentanstrom I_{ii} gemessen und die Momentanspannung nur für $I_{ii} = 0$ gemessen und/oder als Meßwert verarbeitet wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Momentanspannung U_{ii} kontinuierlich oder zeitdiskret abgetastet und entsprechend die Differenz aus Ruhespannung U_0 (korrigierte Entladeschlußspannung U_{KES}) und Momentanspannung U_{ii} bestimmt wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Momentanspannung U_{ii} zyklisch gemessen und über mehrere Meßwerte ein Mittelwert $\bar{U}_{ii}$ gebildet wird, der zur Bestimmung des Entladezustands mit der korrigierten Entladeschlußspannung U_{KES} bzw. der Ruhespannung U_0 verglichen wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Entladezustand als erreicht gilt, sobald die Differenz aus Ruhespannung U_0 (korrigierte Entladeschlußspannung U_{KES}) und Momentanspannung U_{ii} einer vorgewählten Spannungsdifferenz entspricht.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß als Momentanspannung U_{ii} die Spannung U_{KO} eines von der Klemmenspannung gespeisten Kondensators C gemessen wird, wobei sich der Kondensator C bei Belastung der Batterie über eine erste Widerstandsschaltung R_1 , vorzugsweise mit einer Zeitkonstanten $t_1 > 1$ min entlädt.
10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Kondensator C über eine zweite Widerstandsschaltung R_2 bei unbelasteter Batterie geladen wird, vorzugsweise mit einer Zeitkonstanten $t_2 < t_1$.
11. Verfahren nach Anspruch 1 und/oder einem der Ansprüche 5 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Ladezustand ermittelt wird, indem die Differenz aus Ruhespannung U_0 und Momentanspannung U_{ii} mit einem Punkt auf mindestens einer (Entlade-) Spannungsdifferenzkennlinie ($u(q)$) verglichen wird, wobei die abhängige Variable q der momentane Entladegrad (in %) ist und der Ladezustand sich aus $100\%-q$ ergibt.

12. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, daß mit Hilfe des der Batterie entnommenen Momentanstromes bzw. des zuletzt entnommenen Momentanstromes eine von mehreren Kennlinien zur Bestimmung des momentanen Entladegrades ermittelt wird, vorzugsweise durch Mittelung des Momentanstromes über die Zeit.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 7 und/oder Anspruch 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Ladezustand ermittelt wird, indem die Differenz aus korrigierter Entladeschlußspannung U_{KES} und Momentanspannung U_{ii} mit einem Punkt auf mindestens einer (Entlade-)Spannungsdifferenzkennlinie ($u [q]$) verglichen wird, wobei die abhängige Variable q der momentane Entladegrad (in %) ist und der Ladezustand sich aus $100\%-q$ ergibt.
14. Verfahren nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet**, daß mit Hilfe des der Batterie entnommenen Momentanstromes bzw. des zuletzt entnommenen Momentanstromes eine von mehreren Kennlinien zur Bestimmung des momentanen Entladegrades ermittelt wird, vorzugsweise durch Mittelung des Momentanstromes über die Zeit.

Hierzu 1 Seite Zeichnungen

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Überwachung des Ladezustandes einer wiederaufladbaren, verschlossenen Batterie, wobei zumindest die Klemmenspannung gemessen wird. Vorzugsweise handelt es sich dabei um sogenannte verschlossene Batterien mit festgelegten Elektrolyten, die in batteriebetriebenen Fahrzeugen, z. B. Gabelstaplern, im intermittierenden Betrieb verwendet werden.

Charakteristik des bekannten Standes der Technik

Lange Zeit wurden in batteriebetriebenen Fahrzeugen sogenannte Naßbatterien verwendet. Bei diesem Batterietyp kommt es während des Ladevorgangs durch Gasung zu einer Wasserzersetzung. Die Dichte der in der Batterie enthaltenen Säure erhöht sich dadurch. Eine Zunahme der Säuredichte bedeutet zugleich auch eine Zunahme der Batteriespannung. Das heißt, daß von zwei vollgeladenen Batterien diejenige eine höhere Klemmenspannung aufweist, die durch Wasserverlust eine Säure höherer Dichte enthält. Füllt man das zersetzte Wasser nach und paßt damit auch wieder die Säuredichte an, so entspricht auch die Batteriespannung wieder ihrem Normalwert. Durch das ständig erforderliche Nachfüllen von Wasser sind die Naßbatterien als wartungsanfällig bekannt.

Zur Vermeidung der Wartung sind sogenannte verschlossene Batterien mit festgelegtem Elektrolyt entwickelt worden. Bei diesen Batterien wird aufgrund besonderer Ladeverfahren und der Gasreduktion in den verschlossenen Zellen der Wasserverlust so gering wie möglich gehalten. Der Flüssigkeitsvorrat des Elektrolyten ist für die Lebensdauer der Batterie bemessen. Ein Wassernachfüllen ist nicht mehr möglich. Da die Wasserzersetzung bei verschlossenen Batterien mit festgelegtem Elektrolyt nicht ganz ausgeschlossen werden kann, führt der Wasserverlust mit der Zeit zu einer ansteigenden Säuredichte. Wie bereits oben im Zusammenhang mit den Naßbatterien ausgeführt, nimmt mit der höheren Säuredichte automatisch die Batterie-Klemmenspannung zu.

Unter den beschriebenen Einsatzbedingungen werden üblicherweise Kontrollgeräte eingesetzt, die die Batteriespannung überwachen und auf den Rückgang der Batteriespannung während der Entladung reagieren. Zweck dieser Kontrollgeräte ist die Verhinderung der Unterschreitung einer zulässigen Entladespannung und der damit verbundenen Batterie-Tiefentladung. Die bei verschlossenen Batterien mit zunehmender Betriebszeit ansteigende Säuredichte und der damit verbundene Batteriespannungsanstieg führt bei bekannten Kontrollgeräten zu verfälschten Abschaltwerten bzw. Tiefentladungen.

Ziel der Erfindung

Das Ziel der Erfindung besteht darin, die Lebensdauer von Batterien zu erhöhen.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es demnach, ein Verfahren zur Überwachung des Ladezustandes einer verschlossenen Batterie unabhängig vom Alterungszustand zu schaffen, durch das eine Tiefentladung der Batterie sicher vermieden wird. Erfindungsgemäß wird nach einer Ladung der Batterie jeweils die Klemmenspannung U_{KL} gemessen und bei der Ermittlung des Ladezustands der Batterie berücksichtigt. Auf diese Weise wird eine eventuelle Spannungserhöhung durch eine höhere Säurekonzentration in die Berechnung mit einbezogen und es kann eine für die Batterie äußerst schädliche Tiefentladung vermieden werden.

Das Verfahren ermittelt den Entladegrad in Abhängigkeit von der Differenz aus der Ruhespannung U_0 und der Momentanspannung U_{ii} , wobei die Ruhespannung U_0 gleich der nach dem Laden der Batterie gemessenen Klemmenspannung U_{KL} ist. Im Gegensatz dazu wird bei dem Verfahren nach Anspruch 2 zunächst errechnet, inwieweit die Referenzspannung U_{Ref} von der Klemmenspannung U_{KL} nach dem Laden der Batterie abweicht. Diese Differenzspannung $U_{DKL} = U_{KL} - U_{Ref}$ wird zu einer vorher bestimmten Entladeschlußspannung U_{ES} addiert und derart eine

korrigierte Entladeschlußspannung $U_{KES} = U_{ES} + U_{DKL}$ berechnet und gespeichert. Schließlich wird zu verschiedenen Zeitpunkten eine Differenz aus Momentanspannung U_{ii} und korrigierter Entladeschlußspannung U_{KES} ermittelt und mit einem festgelegten Grenzwert verglichen. Im Regelfalle ist dieser Grenzwert 0, das heißt für $U_{ii} - U_{KES} = 0$ gilt der Entladezustand als erreicht.

Weitere erfindungswesentliche Merkmale ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Ausführungsbeispiele

Im folgenden werden bevorzugte Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Verfahrens näher erläutert. Es zeigen

Fig. 1: zwei verschiedene Zellenspannungsverläufe einer Batterie, einmal ausgehend vom geladenen Zustand einer neuen Batterie und ein anderes Mal ausgehend vom geladenen Zustand nach einer Vielzahl von Ladungen;

Fig. 2: ein Kennlinienfeld der Batteriespannung (Spannungsdifferenz) in Abhängigkeit vom Entladegrad bei verschiedenen Entladeströmen.

Eine verschlossene Batterie mit festgelegtem Elektrolyt, z. B. eine Gelbbatterie, wie sie üblicherweise in elektrisch angetriebenen Flurförderfahrzeugen eingesetzt ist, weist eine Ruhespannung von 2,1 Volt pro Zelle im geladenen Zustand auf. Diese Spannung wird nicht direkt gemessen, sondern an den Batterieklemmen abgenommen und durch die Anzahl der Batteriezellen geteilt. In der Fig. 1 ist der Verlauf der Zellenspannung in Abhängigkeit von der entnommenen Ladung, ausgehend vom Anfangswert 2,1 Volt als Spannungscurve $u_1(q)$ idealisiert dargestellt. Der Anfangswert von 2,1 Volt pro Zelle entspricht der jeweiligen Batterie-Ruhespannung. Sobald die Zellenspannung – nach Messung der Klemmenspannung und Umrechnung in die Zellenspannung – einen Wert von 1,94 Volt pro Zelle erreicht, die als Entladeschlußspannung U_{ES} gewertet wird, wird die Leistungsabgabe der Batterie unterbrochen und somit eine Tiefentladung verhindert. Nach n Vollladungen ist die Zellenspannung im geladenen Zustand aufgrund der erhöhten Säurekonzentration, z. B. auf 2,2 Volt pro Zelle, angestiegen. Der Verlauf der Spannung nach dem n -ten Ladevorgang ist in der Fig. 1 als Kurve mit der Bezeichnung $u_n(q)$ dargestellt. Entsprechend der angehobenen Spannung im geladenen Zustand ist auch die Spannung, die die Grenze zum entladenen Zustand darstellt, anzuheben. Diese untere Grenze (Entladeschlußspannung U_{ES}) beträgt demnach in diesem Fall 2,04 Volt pro Zelle. Eine darüber hinausgehende Entladung der Batterie – gestrichelter Teil der Kurve $u_n(q)$ – hätte eine Tiefentladung der Batterie zur Folge.

Zur Vermeidung einer derartigen Tiefentladung wird der Ladezustand der Batterie durch folgende Schritte überwacht:

Nach jeder Ladung der Batterie wird die Klemmenspannung U_{KL} gemessen und als Ruhespannung U_0 gespeichert. Im laufenden Betrieb wird dann im unbelasteten Zustand die Momentanspannung U_{ii} an den Klemmen gemessen. Zweckmäßigerweise wird die Messung zyklisch in kurzen Abständen vorgenommen. Nach jeder Messung wird die Differenz aus der Ruhespannung U_0 und der Momentanspannung U_{ii} gebildet und mit einem zuvor empirisch ermittelten Wert verglichen. Die im Zusammenhang mit dem Spannungsverlauf von $u_1(q)$ angegebene zulässige Differenz beträgt 2,1 Volt – 1,94 Volt = 0,16 Volt. Das heißt, daß in diesem Fall der Entladezustand als erreicht gilt, sobald die Differenz aus Ruhespannung U_0 und Momentanspannung U_{ii} (normiert auf eine Batteriezelle) 0,16 Volt unterschreitet.

In einem anderen Verfahren ist die an einer neuen Batterie üblicherweise anliegende Klemmenspannung als

Referenzspannung U_{Ref} abgespeichert. Nach jedem Laden der Batterie wird jeweils die Klemmenspannung U_{KL} (Ruhespannung U_0) gemessen und die Differenzspannung $U_{DKL} = U_{KL} - U_{Ref}$ errechnet. Falls $U_{KL} < U_{Ref}$ so wird $U_{DKL} = 0$ gesetzt. Die Messungen werden erst nach einer Mindestbelastung durchgeführt, um die Oberflächenspannung der Batterie abzubauen. Die ermittelte Differenzspannung U_{DKL} wird zur vorher festgelegten oder empirisch bestimmten Entladeschlußspannung U_{ES} addiert und die Summe $U_{KES} = U_{ES} + U_{DKL}$ als korrigierte Entladeschlußspannung gespeichert. Im laufenden Betrieb wird die Momentanspannung U_{ii} zyklisch an den Klemmen gemessen, ihr Mittelwert gebildet (Meßwertsiebung) und das Ergebnis $\bar{U}_{ii}$ der Siebung mit der korrigierten Entladeschlußspannung U_{KES} verglichen. Der Entladezustand gilt als erreicht, sobald $\bar{U}_{ii} < U_{KES}$ oder, in einer anderen Ausführungsform, sobald $\bar{U}_{ii} - U_{KES}$ einen bestimmten Wert unterschreitet.

In einem weiteren Verfahren erfolgt eine Messung bzw. Weiterverarbeitung des Wertes der Momentanspannung U_{ii} nur, wenn die Batterie nicht durch einen Verbraucher belastet wird. Zur Erkennung dieses Zustandes wird zweckmäßigerweise der Momentanstrom I_{ii} gemessen. Sobald I_{ii} nahe 0 (< 0,5 Ampere) ist, wird die Momentanspannung U_{ii} kontinuierlich oder zeitdiskret abgetastet und wie oben beschrieben verarbeitet.

In einer anderen Ausführungsform wird anstelle der Momentanspannung U_{ii} die Spannung eines von der Klemmenspannung gespeisten Kondensators gemessen. Dem Kondensator sind zum Laden und zum Entladen jeweils eine Diode mit einem vorgeschalteten Widerstand zugeordnet. Die Entladung des Kondensators erfolgt über einen ersten Widerstand und die Ladung des Kondensators vollzieht sich über einen zweiten Widerstand. Die einzelnen Widerstände sind so ausgewählt, daß die Zeitkonstante für den Entladevorgang größer als 1 Minute ist, während die Zeitkonstante für den Ladevorgang im Sekundenbereich liegt, auf jeden Fall aber kleiner ist als die Zeitkonstante für den Entladevorgang. Der Ladezustand kann so auch bei Belastung der Batterie bestimmt werden.

Eine weitere Ausführungsform berücksichtigt die im Inneren der Batterie stattfindenden langsamen Ausgleichsvorgänge. Ist der Batterie über längere Zeit ein hoher Strom entnommen worden, so liegt die in einer folgenden Lastpause angezeigte Klemmenspannung unter dem Wert, der ihrem tatsächlichen Ladezustand entspricht. Erst nach einer gewissen Erholungspause steigt die Klemmenspannung wieder auf einen „normalen“, dem Ladezustand entsprechenden Wert an. Die Verfälschung durch diesen Effekt ist um so größer, um so höher der Entnahmestrom ist. Aus diesem Grunde erfolgt, wie in Fig. 2 dargestellt, die Bestimmung des Ladezustands der Batterie in Abhängigkeit vom Entnahmestrom. Während der Belastung der Batterie wird laufend der Momentanstrom gemessen und in einer Lastpause zur Auswahl einer bestimmten Kennlinie aus einer Kennlinienschar herangezogen. In der Fig. 2 ist die Differenz aus Momentanspannung und korrigierter Entladeschlußspannung über dem Entladegrad q abgebildet. Bei einem relativ geringem Entnahmestrom $I = 1$, bei dem die Ausgleichsvorgänge innerhalb der Batterie der Ladungsabgabe noch recht gut folgen können, ist die Differenz $U_{ii} - U_{KES} = 0$, sobald die Batterie zu 80% entladen ist. Wollte man diesen Grenzwert ($U_{ii} - U_{KES} = 0$) auch für einen relativ hohen Entnahmestrom $I = 3$ zugrunde

legen, so würde der Entladezustand als erreicht gelten, obwohl die Batterie erst zu etwa 30% entladen ist. In diesem Fall gilt deshalb der Entladezustand erst dann als erreicht, wenn die Kennlinie für $I = 3$ die 80%-Linie von q schneidet. Das heißt, daß der den Entladezustand repräsentierende Grenzwert für die Differenz $U_{Li} - U_{KES}$ sowohl rechnerisch als auch grafisch in der Fig. 2 deutlich unterhalb von 0 liegt.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform erfolgt die Auswahl der richtigen Kennlinie durch Messung, Speicherung und Mittelung mehrerer Momentanstromwerte.

Entsprechend der zuvor beschriebenen Abhängigkeit vom entnommenen Momentanstrom kann in einem weiteren Verfahrensschritt eine Temperaturabhängigkeit des Ladezustands der Batterie berücksichtigt werden. Die in der Batterie stattfindenden Ausgleichsvorgänge laufen um so schneller ab, je höher die Temperatur ist. Zur Berücksichtigung der Temperatur ist demnach eine Speicherung mehrerer Spannungs-Ladezustands-Kennlinien oder analog zu Fig. 2 Spannungsdifferenz-Entladezustands-Kennlinien erforderlich, aus denen in Abhängigkeit von der Temperatur eine ausgewählt wird.

Bei Verwendung von Batterien mit anderen Zellenspannungen als den genannten 2,1 Volt sind die beschriebenen Verfahren entsprechend anzupassen.

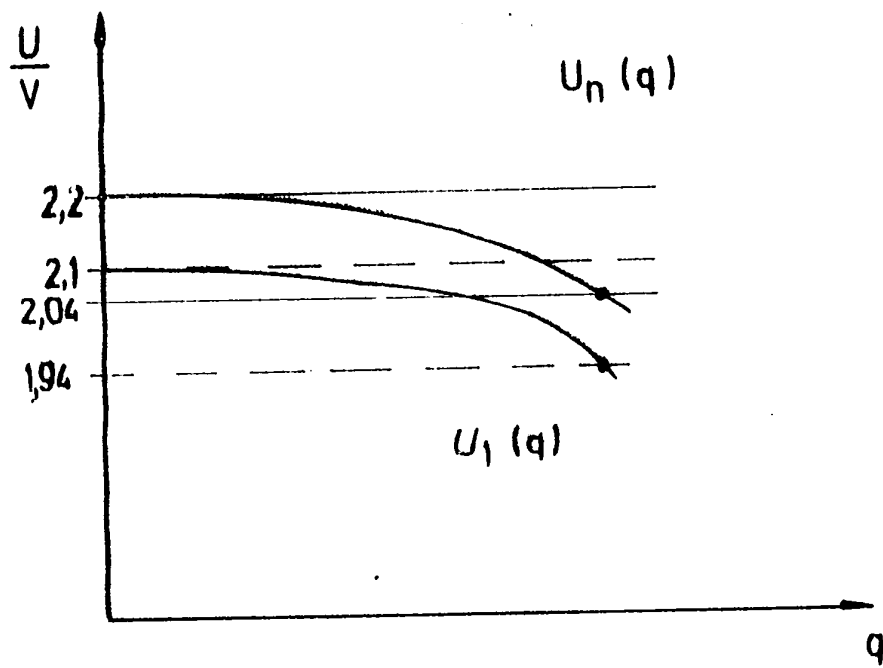


Fig. 1

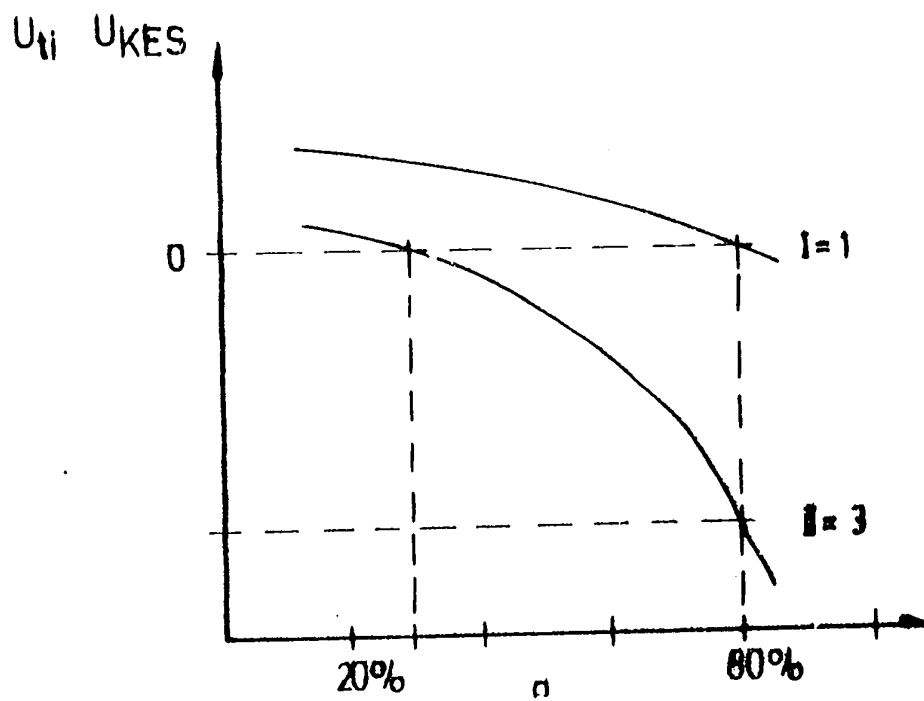


Fig. 2