

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 86 (1968)
Heft: 5

Artikel: Zur Internationalen Fördermittel-Messe (IFM), Basel, 7. bis 14. Februar 1968: Impulsfahrshalter "SIG-tronic" für Batteriefahrzeuge
Autor: Dreyer, Ernst F.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-69974>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 14.03.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Zur Internationalen Fördermittel-Messe (IFM), Basel, 7. bis 14. Februar 1968

Impulsfahrshalter «SIG-tronic» für Batteriefahrzeuge

DK 621.316.7:629.1-474

Von Ernst F. Dreyer, Neuhausen am Rheinfall

Einleitung

Aus der Tatsache, dass Batteriefahrzeuge fast vollständig von der Strasse verschwunden sind, wird häufig der falsche Schluss gezogen, sie seien technisch überholt. Das ist durchaus nicht der Fall. Im Gegenteil setzen sich Batteriefahrzeuge, insbesondere Elektrotraktoren, von Jahr zu Jahr mehr als Transportmittel für den internen Werkverkehr durch. Dafür ist der Umstand, dass sie weder durch Abgase noch Lärm ihre Umgebung belästigen, durchaus nicht der einzige Grund. Sie sind auch einfacher zu bedienen und in Stand zu halten als Fahrzeuge mit thermischem Antrieb, was beim vorherrschenden Mangel in Fachkräften die Wirtschaftlichkeit massgeblich beeinflusst. Ausserdem verfügen sie über eine fast ideale Traktionscharakteristik, können sehr schnell beschleunigen und stellen daher bei kurzen Distanzen die schnelleren Transportmittel dar.

Einen wesentlichen Nachteil weisen Batteriefahrzeuge allerdings gegenüber Fahrzeugen mit thermischem Antrieb auf: das beschränkte Speichervermögen der Batterie bzw. der Umstand, dass eine entladene Akkumulatorenbatterie nicht schneller als innert 8 Stunden aufgeladen werden kann. Wo mehrschichtig gearbeitet wird, lässt sich dieser Nachteil durch Verwendung von 2 (oder 3) Wechselbatterien pro Elektrofahrzeug überbrücken. Jede Batterie steht dann während einer Schicht von 8 Stunden (bei grossen Transportleistungen nur 4 Stunden) im Einsatz und wird während 8 Stunden aufgeladen. Bei einschichtigem Betrieb, wo über Nacht reichlich Zeit zum Aufladen zur Verfügung steht, ist aber der Betrieb mit Wechselbatterien unwirtschaftlich. Eine Batterie muss dann wenigstens einen neunstündigen Arbeitstag durchhalten. Das kann nur bei Verwendung von Motoren, Kraftübertragungen und Reguliersystemen mit gutem Wirkungsgrad erreicht werden.

Der nachfolgend beschriebene Fahrshalter reguliert die Fahrgeschwindigkeit von Batteriefahrzeugen stufenlos und fast verlustlos in einem weiten Bereich. Er erfüllt demnach die Forderung nach optimaler Ausnutzung der im Akkumulator gespeicherten Energie. Der «SIG-tronic»-Fahrshalter stellt eine gemeinsame Entwicklung der *Schweiz. Industrie-Gesellschaft (SIG)* und der *Kiepe Electric GmbH*, dar, die ihrerseits eine Lizenznehmerin der *Sevcon Engineering Ltd.* ist.

Regulierprinzip

Hauptschluss-Gleichstrommotoren, bei denen Anker und Feld in Reihe geschaltet sind, weisen eine für den Traktionsbetrieb recht günstige Drehzahl-Drehmoment-Charakteristik auf, Bild 6. Bei konstanter Klemmspannung fällt die Motordrehzahl n selbsttätig mit steigendem Drehmoment M ab. Hauptschluss-Motoren sind daher weitgehend selbstregulierend; die Funktion des Reguliersystems beschränkt sich auf das Einstellen der Klemmspannung durch mehr oder weniger starkes Durchtreten des Fahrpedals.

Das scheint an sich recht einfach zu sein, führt aber praktisch entweder zu kostenmässig aufwendigen oder zu Regulierungen mit grossem Stromverbrauch. Zapft man nämlich stufenweise verschiedene hohe Spannungen an der Batterie ab, so müssen beim Übergang von einer Stufe auf die andere verhältnismässig grosse Gleichströme geschaltet werden, was bekanntlich wegen der beim Unterbrechen stehbleibenden Lichtbögen nicht einfach ist. Ausserdem können solche Regulierungen nur in Stufen verwirklicht werden. Konstruktiv wesentlich einfacher und auch stufenlos durchführbar sind Regulierungen, bei denen zwischen Batterie und Motor zusätzliche ohmsche Widerstände geschaltet werden. Ihr grosser Nachteil besteht jedoch darin, dass beim Fahren mit herabgesetzter Drehzahl der

Bild 1. Ein SIG-Lifter Modell EFL 1580 t muss beim Schleppen langer Anhängerzüge oft lange Zeit mit verhaltener Geschwindigkeit fahren. Ein Impulsfahrshalter sorgt darum für gute Batterieausnutzung



Bild 2. Der SIG-Lifter Modell RFQ 1602 t stapelt 1000 kg schwere Lasten in nur 2,10 m breiten Gängen auf 6 m Höhe. Das stufenlose Arbeiten eines Impulsfahrhalters erlaubt feinfühliges Manövrieren



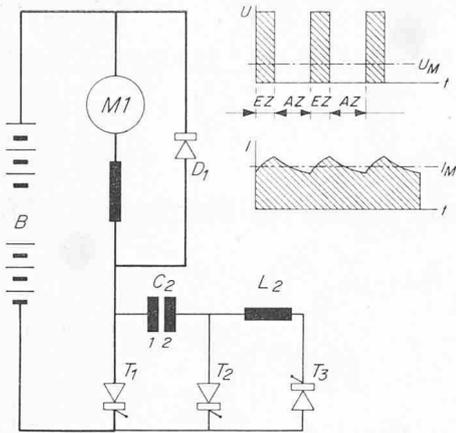


Bild 3. Der Impulsfahrerschalter zerhackt die von der Batterie gelieferte Spannung U und gibt eine verminderte Spannung U_M an die Motorklemmen. Dadurch wird die Drehzahl fast verlustlos geregelt

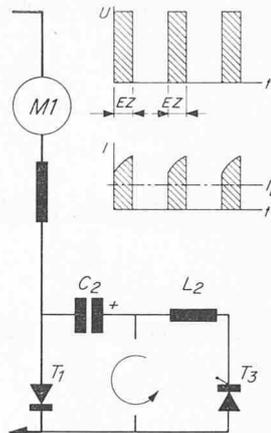


Bild 4. Während der Einschaltzeiten E_Z wird die volle Batteriespannung U an den Motor gelegt. Der Batteriestrom fließt durch den Motor und den «gezündeten» Hauptthyristor T_1 , während der Löschkondensator C_2 aufgeladen wird

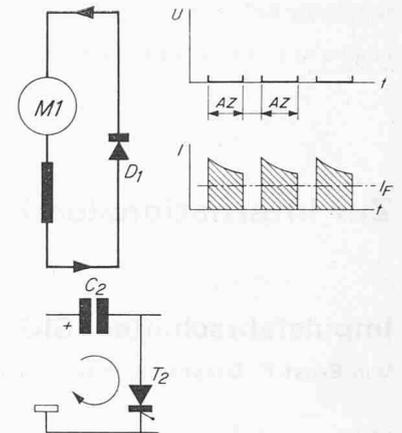


Bild 5. Durch Entladen des Löschkondensators C_2 wird der Hauptthyristor T_1 gelöscht. Der Motor dreht dann im Freilauf weiter, indem der Strom über die Diode D_1 umgewälzt wird

Batterie gleich viel Strom entzogen wird wie beim Fahren mit Nenn-drehzahl. Der Strom, welcher nicht dem Motor zufließt, wird einfach in den vorgeschalteten Widerständen verheizt. Diese Regulierung ist besonders ungeeignet für Motoren mit gutem Wirkungsgrad bzw. geringem inneren Widerstand, da dann die Vorschaltwiderstände besonders stark bemessen werden müssen.

Grundsätzlich bekannt ist seit langem die Möglichkeit, eine Gleichspannung zu zerhacken und nur in Form von Impulsen weiterzuleiten. Legt man also die Batteriespannung U_B von 80 Volt nicht dauernd an die Motorklemmen, sondern, wie in den Bildern 3 bis 5 als Beispiel dargestellt, nur in Intervallen E_Z von 2 ms, unterbrochen durch Ausschaltzeiten A_Z von 4 ms, so ergibt sich eine mittlere Spannung U_M an den Motorklemmen von nur 26,667 Volt. Durch Kürzen der Einschaltdauer E_D kann die mittlere Motorspannung U_M weiter erhöht werden.

Der vom Motor während der Einschaltzeit der Batterie entnommene Strom I_B ist je nach Betriebszustand (Drehzahl und Drehmoment) bzw. je nach Induktivität des Motors verschieden. Er steigt, wie im Bild 4 dargestellt, während der Einschaltzeit nach einer e -Funktion zuerst steil, dann allmählich abflachend an. Durch ein parallel zum Motor M_1 geschaltetes Einwegventil D_1 (Bild 5) wird dafür gesorgt, dass die während der Einschaltzeit E_Z im Motor aufgebauete Induktivität sich in Form eines Freilaufstromes I_F umwälzen kann. Während der Ausschaltzeit A_Z fällt dieser Strom je nach Induktivität des Motors ebenfalls nach einer e -Funktion zuerst steil und dann allmählich flacher ab, Bild 5.

Nimmt man im vorhin gewählten Beispiel E_D mit 30% an, der mittlere Strom betrage 100 A, so ergibt sich pro Takt von 6 ms eine Stromabgabe der Batterie von 200 Ams und eine Stromaufnahme des Motors von 600 Ams. Während die Batterie also einen mittleren

Strom von $I_B = 33,3$ A abgibt, fließt durch den Motor ein mittlerer Strom $I_M = 100$ A; oder, anders ausgedrückt, gibt die Batterie eine Leistung von $80 \text{ V} \times 33,3 \text{ A} = 2666 \text{ VA}$ ab, während der Motor eine Leistung von $26,6 \text{ V} \times 100 \text{ A} = 2666 \text{ VA}$ aufnimmt. Eine Drehzahlregulierung durch Zerhacken des Batteriestromes ist also verlustlos, jedenfalls in der Theorie.

Steuerventil Thyristor

Lange Zeit war es nicht möglich dieses Regulierprinzip praktisch für Fahrzeuge anzuwenden. Mechanische Unterbrecher erwiesen sich als zu stör- und verschleissanfällig, gasgefüllte Thyatronen als zu wenig rüttelfest, und die an sich wohl geeigneten Transistoren waren den hohen Strömen nicht gewachsen. Erst nach Entwicklung steuerbarer Siliziumzellen wurde es möglich, Gleichströme von 300 A oder mehr in genügend kurzen Zeitintervallen zu schalten.

Im Gegensatz zum Transistor lässt sich der Durchgangsstrom durch eine Siliziumzelle nicht stufenlos steuern. Wird die Sperrschicht eines Thyristors mit genügend Steuerstrom erregt, so «zündet er», lässt nach kürzester Zeit den vollen Strom durch und zwar sogar noch dann, wenn der Steuerstrom abgeschaltet worden ist. Der Stromdurchfluss kann nur unterbrochen werden durch das «Löschen» des Thyristors, was durch einen geringen Gegenstrom bewirkt wird. Beim Fahrerschalter wird die kurzzeitige Gegenspannung am Hauptthyristor T_1 , Bild 3, durch einen besonderen Reihenschwingkreis, bestehend aus Kapazität C_2 und Induktivität L_2 erzeugt. Die Wirkungsweise des Impulsfahrerschalters kann wie folgt erklärt werden:

Die Einschaltzeit E_Z wird durch gleichzeitiges kurzzeitiges «Zünden» des Hauptthyristors T_1 und des Umladethyristors T_3 eingeleitet, Bild 4. Ein Strom I_B fließt dann von der Anode der Batterie B durch den Motor M_1 und den Hauptthyristor T_1 zurück zur Batterie-

Bild 6. Bei einem Hauptschlussmotor fällt die Drehzahl n bei steigendem Drehmoment M ab. Durch Vermindern der Einschaltdauer E_D mittels der Impulssteuerung wird die Drehzahl annähernd verlustlos gesteuert

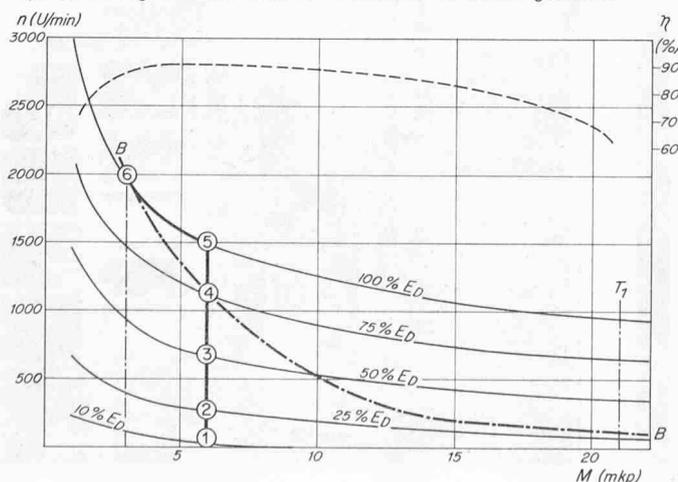
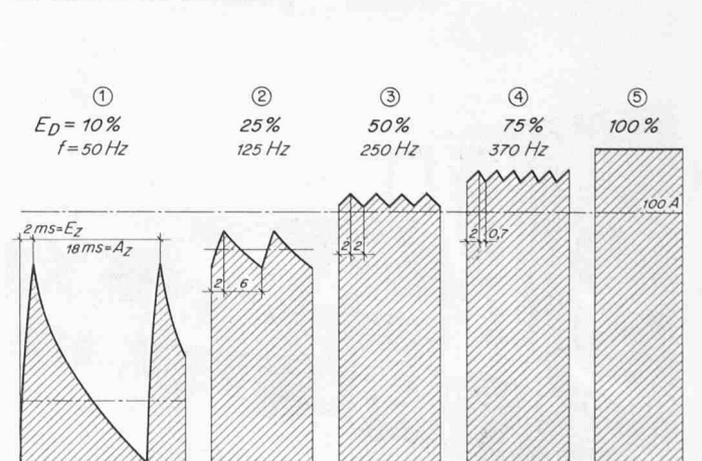


Bild 7. Durch die Steigerung der Ansteuerfrequenz f wird die Einschalt-dauer E_D verlängert. Die hier abgebildeten Regulierpunkte 1 bis 5 stimmen mit denen in Bild 6 überein



Legende zu Bild 8:

- B Batterie
- M₁ Traktionsmotor
- M₂ Pumpenmotor
- E₁ Träge Sicherung
- E₂ Superflinke Sicherung
- S₁ Hauptschütz Vorwärtsfahrt
- S₂ Hauptschütz Rückwärtsfahrt
- S₅ Überbrückungs-Schütz
- S₉ Pumpenschütz
- D₁ Anker-Diode
- D₂ Anker-Feld-Diode
- L₂ Umladedrossel
- C₂ Löschkondensator
- T₁ Hauptthyristor
- T₂ Löschthyristor
- T₃ Umladethyristor

- 1 Spannungs-Regler
- 2 Impuls-generator, E_Z-Begrenzer und Takt-überwacher
- 3 Frequenzmodulator, Verzögerer, Bremsbetriebsanzeiger und Strombegrenzer
- 4 Überwacher für Überbrückungsschütz

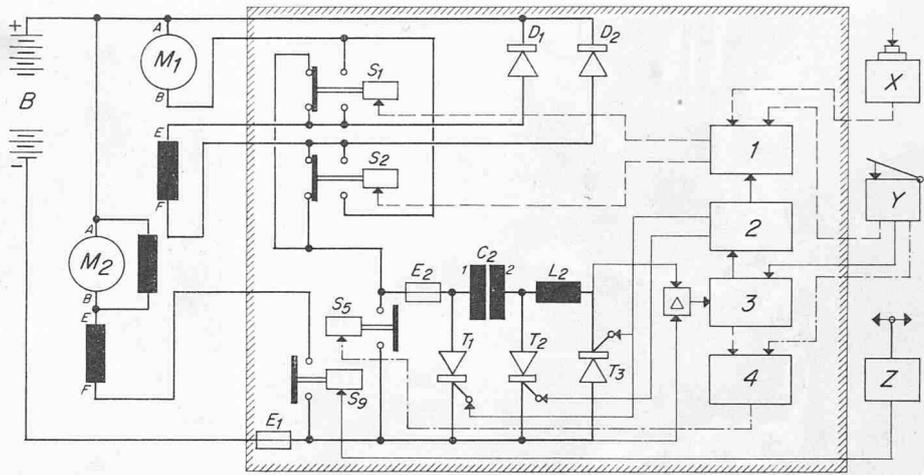


Bild 8. Schema der im SIG-Lifter Modell EFL 1580 t eingebauten Impulssteuerung, bestehend aus dem Leistungsteil links und dem Steuerteil rechts. Alle Teile im schraffiert gekennzeichneten Feld sind auf einer ausschwenkbaren Platte montiert und durch eine Haube gegen Eindringen von Staub oder Wasser geschützt

kathode. Gleichzeitig schwingt der Resonanzkreis in Richtung T₁ — T₃ — L₂ — C₂ und lädt die Seite 2 des Kondensators C₂ auf. Ein Zurückschwingen ist nicht möglich, weil inzwischen die Sperrschicht des Umladethyristors T₃ nicht mehr erregt wird und ein minimaler Rückstrom sofort das «Löschen» und damit das Sperren einleitet. Die Frequenz des Resonanzschwingkreises muss daher nicht auf die Frequenz bzw. die Taktzeit der Regulierung abgestimmt werden. Wichtig ist lediglich, dass die Schwingung schnell genug erfolgt, die Induktivität der Löschspule L₂ also nicht zu hoch ist.

Die Ausschaltzeit A_Z wird durch «Zünden» des Löschthyristors T₂ eingeleitet. Der Kondensator C₂ entlädt sich, gibt einen kurzzeitigen Rückstrom auf den Hauptthyristor T₁ und «löscht» ihn. Die während der Einschaltzeit E_Z im Motor M₁ aufgebaute Induktivität entlädt sich in Form eines Freilaufstromes I_F solange, bis der Haupt- und der Umladethyristor wiederum gezündet werden.

Drehzahlregulierung

Für ein bestimmtes, vom Motor zu überwindendes Drehmoment kann die gewünschte Drehzahl n durch Einstellen der Einschalt-dauer E_D gewählt werden. Dabei ist es theoretisch ohne Bedeutung, bei welcher Taktzeit (I_Z = E_Z + A_Z) diese prozentuale Einschalt-dauer erreicht wird, Bild 6. Was allerdings die Verluste anbelangt, so sollte der Stromverlauf weder eine zu starke Welligkeit aufweisen, noch die Taktzeit allzu kurz gewählt werden. Starke Welligkeit bedeutet, dass der Motor während der Taktzeit von verschiedenen starken Strömen durchflossen wird, worunter sein Wirkungsgrad leidet. Insbesondere lässt ein Absinken des Stromes auf den Nullwert den Motor für einen Sekundenbruchteil mit äusserst schlechtem Wirkungsgrad arbeiten, vergleiche Diagramm 1 in Bild 7. In diesem Sinne wäre es günstiger, eine möglichst kurze Taktzeit bzw. eine mög-

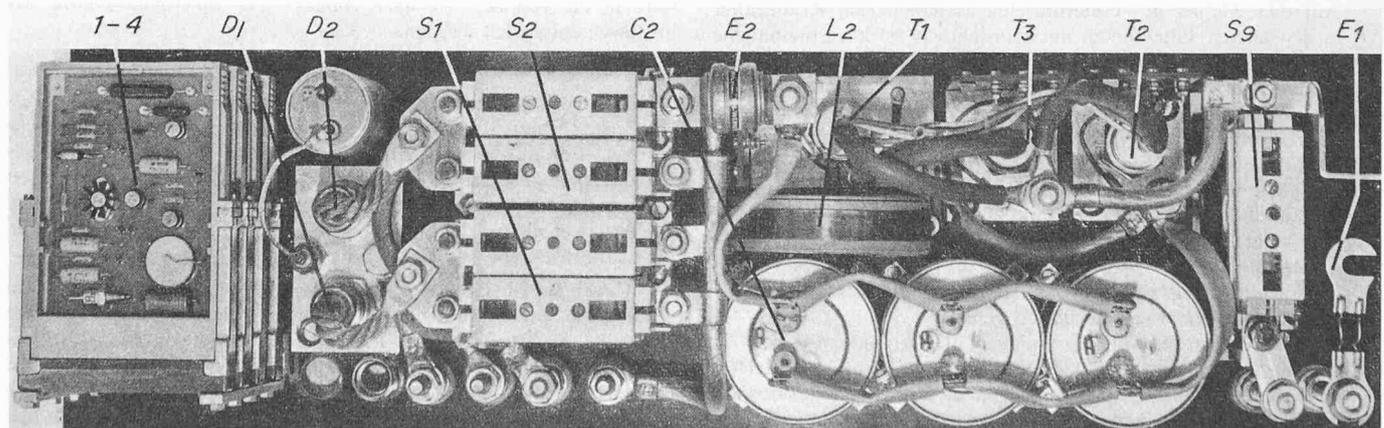
lichst hohe Regulierfrequenz f anzustreben. Andererseits steigen mit kürzer werdender Taktzeit die Verluste der Regulierung, geht doch jedesmal zum «Löschen» der Thyristoren etwas Energie verloren. Zu kurze Einschaltzeiten oder Ausschaltzeiten sollten auch nicht gewählt werden, damit zum Auf- und Entladen des Löschkondensators C₂ immer genügend Zeit zur Verfügung steht.

Um die Steuerung möglichst einfach zu halten, arbeitet sie im ganzen Drehzahlbereich des Motors mit konstanter Einschaltzeit E_Z. Verändert wird lediglich die Taktzeit T_Z und damit die Ausschaltzeit (A_Z = I_Z — E_Z). In Bild 7 sind die Stromverläufe bei steigender Drehzahl n und konstantem Drehmoment M dargestellt. Man sieht, dass bei langsam laufendem Motor infolge der geringen Induktivität der Strom schnell ansteigt und ebenso schnell abfällt, Diagramm 1. Dagegen ist bei schnell laufendem Motor die Induktivität so stark, dass sowohl der Stromanstieg, als auch der Stromabfall nur noch gering sind.

Übrige Ansteuerungen

Ein wesentlicher praktischer Vorteil des «SIG-tronic»-Impulfschalters liegt darin, dass der grösste Teil, einschliesslich der auf vier Platten aufgebauten Steuerung, unter einer Blechhaube gegen Schmutz und Wasser gut geschützt und dennoch bequem zugänglich untergebracht ist, schraffierter Teil in Bild 8. Lediglich die Batterie B, der Traktionsmotor M₁, der Pumpenmotor M₂ und die Ansteuerorgane liegen ausserhalb. Dabei betätigen der mit dem linken Fuss bediente Wendeknopf X und die in bequemer Reichweite der rechten Hand untergebrachte Hydraulikhebel Z einfache Schalter. Lediglich das mit dem rechten Fuss bediente Fahrpedal Y betätigt beim allmählichen Durchtreten zuerst einen Schalter, verstellt dann ein Potentiometer und zum Schluss noch einmal einen Schalter. Beide

Bild 9. Impulssteuerung eines SIG-Lifters Modell RFQ 1602 t mit abgenommener Schutzhaube. Die Thyristoren und die Dioden sind für gute Wärmeableitung in Kupferklötze eingeschraubt und diese auf der verrippten Aluminiumplatte aufgesetzt. Bezeichnung der sichtbaren Positionen wie im Bild 8



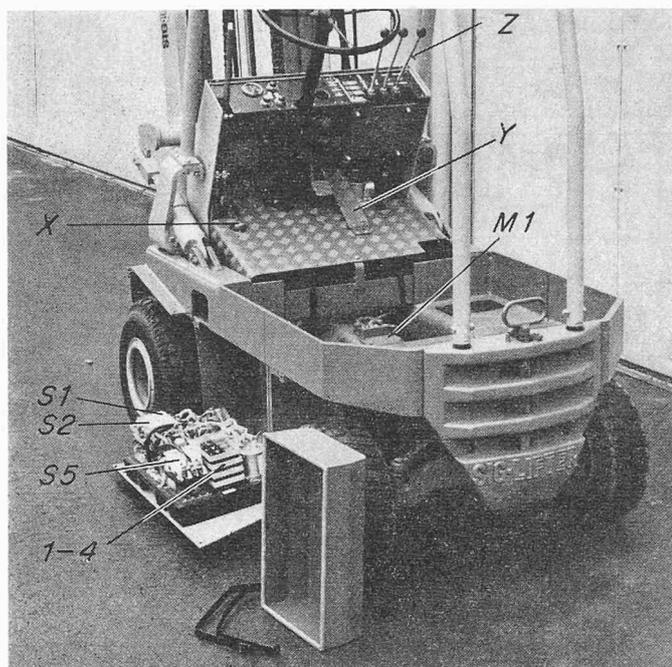


Bild 10. Impulssteuerung eingebaut in einem SIG-Lifter Modell EFL 1236. Sie wird durch Wendeknopf X und Fahrpedal Y angesteuert, und reguliert mit minimalen Verlusten die Fahrgeschwindigkeit



Bild 11. Die im SIG-Lifter verwendete Impulssteuerung ist nicht nur gegen Eindringen von Schmutz und Wasser vollständig geschützt. Wenn sie stark verschmutzt ist kann sie auch leicht gereinigt werden

Schalter und das Potentiometer sind in einem besonderen Kästchen gut geschützt untergebracht.

Drückt man das Fahrpedal zum sanften Anfahren allmählich durch, so werden zuerst der Spannungsregler auf Platte 1 und dann der Impulsgenerator und die übrigen Steuerorgane in Betrieb gesetzt sowie die Richtungsschütze S_1 und S_2 in die vorgewählte Stellung Vorwärts- oder Rückwärts-Fahrt gebracht; gestrichelte Linien in Bild 8. Bei weiterem Durchtreten des Fahrpedals wird der Frequenzmodulator auf Platte 3 angesteuert, der nun dem Impulsgenerator seine (vorerst niedrige) Frequenz aufprägt und an die Thyristoren weitergibt; ausgezogene Linien. Das Fahrzeug setzt sich jetzt langsam, bei weiterem Herunterdrücken des Fahrpedals Y mit erhöhter Steuerfrequenz schneller in Bewegung. Drückt man schliesslich das Fahrpedal ganz durch, so wird über den Überwacher auf Platte 4 das Überbrückungsschütz S_5 eingeschaltet und damit der Traktionsmotor M_1 dauernd (100% E_D , Bild 6) mit der Batterie B verbunden; strichpunktierte Linien in Bild 8.

Dieser Ablauf stellt sich allerdings nur ein, wenn bestimmte Voraussetzungen erfüllt sind. So muss einmal der Traktionsüberwacher auf Platte 2 festgestellt haben, ob alle Thyristoren regelmässig «gezündet» worden sind. Ist dem nicht so, dann werden beide Hauptschütze so lange zum Abfallen gebracht, bis das Fahrpedal losge-

lassen, wieder angetreten und einwandfreies «Zünden» aller Thyristoren erreicht worden ist. Ebenso muss dem Verzögerer genügend Zeit zum Hochlaufen eingeräumt worden sein, und der Strombegrenzer darf keinen Überstrom festgestellt haben. Dieser Überstrom wird im beschriebenen Fahrshalter vorläufig auf einen festen, dem Drehmoment T_1 (vgl. Bild 6) entsprechenden Amperewert eingestellt, um ein Überlasten der kostbaren Thyristoren sicher zu verhindern. Wenn einmal eine robustere Thyristorenqualität erhältlich sein wird, so kann die Strombegrenzung auch auf die maximale Stromentnahme aus der Batterie eingestellt werden, Linien B-B in Bild 6.

Der Überwacher auf Platte 4 sorgt dafür, dass das Überbrückungsschütz S_5 (Bild 8) nur eingeschaltet werden kann, nachdem die volle Einschaltdauer ($E_D = 95\%$) erreicht worden ist. An Fahrzeugen, die auch bei Störungen an der Impulssteuerung anfahren müssen, kann dieser Überwacher überbrückt werden. Der Bremsbetriebsanzeiger, angesteuert von einem beide Seiten des Hauptthyristors T_1 überwachenden Differentiator, zeigt an, wenn der Motor M_1 als Generator arbeitet. Wenn das der Fall ist, wird die Ansteuerfrequenz begrenzt, damit elektrisch nicht zu scharf gebremst werden kann.

Adresse des Verfassers: Ernst F. Dreyer, Fa. Schweiz. Industrie-Gesellschaft, SIG, 8212 Neuhausen a. Rheinfall.

Zwei besondere Sicherheits-Vorrichtungen für Krananlagen

DK 621.86.078.7 : 621.87

Von B. Sidler, Zürich

1. Einleitung

Auf dem Gebiet des Güterumschlages haben sich Krane aller Art in den letzten Jahrzehnten ausserordentlich stark verbreitet. Sie sind in Fabrikationsbetrieben, Umschlagplätzen, Kehrverbrennungsanlagen usw. zum selbstverständlichen Teil der Anlage geworden und werden laufend technisch vervollkommen. Die stetig steigenden Anforderungen an die Leistungsfähigkeit sowohl bezüglich der zu befördernden Gewichte und Volumina, als auch an die Geschwindigkeit dieses Transports zwingen die Hersteller dazu, die Leistungen der Hub- und Fahrwerke fortwährend zu vergrössern. Zugleich steigen aber auch die vom Benutzer aufzubringenden Investitionen für solche Anlagen, weshalb die im Falle eines Unfalls möglichen, hohen Sachschäden das Anbringen zuverlässiger Schutz- und Sicherungsvorrichtungen rechtfertigen.

Neben den herkömmlichen Anlagen, die zu diesem Zweck in zahlreichen Abwandlungen entwickelt wurden, bemühen sich die Hersteller, neue und neuartige Methoden anzuwenden, welche, obwohl für Sonderfälle konstruiert, auch in anderen Anlagen verwendet

werden können. Es sollen nachfolgend zwei Systeme beschrieben werden, die von der Schindler Aufzug- und UTO-Kran-Fabrik AG in Zürich entwickelt wurden.

2. Zusammenfahrtsicherung für Laufkrane

Sind mehrere Krane auf einer gemeinsamen Kranfahrbahn angeordnet, so besteht die Möglichkeit eines gegenseitigen Zusammenfahrens. Besonders bei grossen Krananlagen mit hohen Fahrgeschwindigkeiten kann ein Zusammenstoss für die Tragkonstruktion schwerwiegende Folgen haben. Das Krangerüst kann Deformationen erleiden oder die bei der grossen Verzögerung ins Pendeln kommende Last kann Menschen und Material gefährden.

Gegen solche Unfälle schützt man sich üblicherweise durch am Krangerüst angeordnete Puffer, welche die kinetische Energie des Krans beim Zusammenstoss aufzunehmen haben. Bei grossen Anlagen mit hohen Fahrgeschwindigkeiten wachsen die zu vernichtenden Energien beträchtlich, so dass die Konstruktion solcher Puffer grosse Schwierigkeiten bereitet. In diesen Fällen geht man dazu über, die