

Meßwagen unter besonderer Berücksichtigung der Stromversorgung

Bayerische Landesanstalt für Landtechnik, Weihenstephan

Leider können nicht alle Versuche und Messungen im Labor durchgeführt werden. Besonders dann nicht, wenn es sich um bewegte, das heißt fahrende Maschinen und Geräte handelt, an denen Messungen durchgeführt werden sollen. Um solche Messungen rationell an großräumig bewegten Objekten durchführen zu können, werden Meßgeräte in einem Meßwagen untergebracht und mit Energie versorgt. Da mit einem festen Stromanschluß nicht gerechnet werden kann, muß eine entsprechende Stromquelle mitgeführt werden. Diese richtet sich nach den Anschlußspannungen und -leistungen der erforderlichen Meßgeräte. Je nach den Anschlußwerten gibt es eine Reihe von Möglichkeiten, um die Geräte netzunabhängig mit Strom zu versorgen.

Im folgenden sind die verschiedenen Möglichkeiten zusammengestellt. Anhand eines zu einem Universal-Meßwagen umgebauten Kleinbusses wird gezeigt, wie man selbst einen solchen Meßwagen zusammenstellen kann.

1. Stromquellen

In den meisten Fällen ist die Spannung für die Meßgeräte verschieden von der Spannung der normalen Fahrzeug-Gleichstromversorgung. Die Leistung ist begrenzt und beträgt bei einem Kleinbus, wie er oft als Meßwagen benutzt wird, etwa 150–200 W bei Spannungen von 6 beziehungsweise 12 V. Manche Meßgeräte können direkt an das normale Fahrzeugnetz angeschlossen werden, beispielsweise transistorisierte Meßverstärker, wie sie in der Dehnungsmeßstreifentechnik verwendet werden. Ein Meßverstärker dieser Art benötigt etwa 25–50 W für sechs Meßstellen. Wird jedoch der Gesamtleistungsbedarf der Meßgeräte so groß, daß das normale Fahrzeugnetz überfordert wird, so muß auf zusätzliche Stromquellen zurückgegriffen werden. Vielfach benötigen die Meßgeräte normale Netzspannung, also 220 V Wechselstrom bei 50 Hz. Werden Gleichstromquellen benutzt, dann muß erst noch in den entsprechenden Wechselstrom umgeformt werden. Über die Möglichkeiten des Umformens soll später ein Überblick gegeben werden. Als Stromquellen für den Meßwagen kommen in Frage: Batterien (Blei-Akkumulatoren), Zusatzlichtmaschinen mit Batterien im Pufferbetrieb oder selbständige, mitgeführte Benzin- oder Diesellaggregate.

1.1. Batterien (Blei-Akkumulatoren)

Bei Verwendung von Akkumulatoren als Stromquellen ist die Einsatzzeit der Meßgeräte von der Kapazität abhängig. Die Kapazität von Akkumulatoren wird in Ah angegeben, bezogen auf eine 20stündige Entladung bei 27° C Elektrolyt-Temperatur. Sie ist abhängig von der Strombelastung und wird bei Zunahme des Stromes rasch kleiner. Das Diagramm in Bild 1 gibt näherungsweise den Zusammenhang von Kapazität und Entladedauer für Bleisammler, wie sie als normale Starterbatterien

verwendet werden, für eine Temperatur um 20° C wieder. Die Entladedauer einer Starterbatterie errechnet sich bei Verwendung von Bild 1 wie folgt:

$$X = \frac{I}{C_{20}}$$

wobei gilt:

- C_{20} = Ah-Wert des Bleiakкумуляtors,
- I = Strom zur Versorgung der Meßgeräte [A],
- X = Belastungsfaktor,

Ist der Belastungsfaktor X bestimmt, kann mittels des Diagramms in Bild 1 sofort die Entladedauer abgelesen werden. Es kann aber auch umgekehrt bei geforderter Meßzeit (= Entladedauer) und bekanntem Versorgungsstrom die erforderliche Kapazität bestimmt werden. Diese Rechnung gilt selbstverständlich nur annäherungsweise, da die Kapazität von Akkumulatoren von vielen Faktoren, wie Temperatur, Bauweise und Alter, beeinflusst wird. Die Entladung wird als beendet betrachtet, wenn die Zellen-spannung auf 1,75 V gesunken ist; tiefer sollte auch nicht entladen werden, um Schäden zu vermeiden. Die Diagramme wurden aus Firmenangaben zusammengestellt und durch eigene Versuche teilweise überprüft.

Beispiel: Ein 24-Volt-Umformer mit 500 VA Ausgangsleistung nimmt primär 38 A aus zwei in Reihe geschalteten Akkumulatoren mit je 136 Ah und 12 V auf. Wie lange können die Meßgeräte mit Strom versorgt werden?

$$X = \frac{38}{136} = 0,279 \quad \text{Meßzeit} = 1,6 \text{ h.}$$

Aus dem Zahlenbeispiel erkennt man, daß für viele Zwecke wirtschaftlich eine ausreichende Stromversorgung erreicht wird. Während des Entladens geht die Klemmenspannung am Akkumulator zurück. Der Akkumulator kann also für die Messung nur so weit entladen werden, wie der Spannungsrückgang keinen Einfluß auf die nachgeschaltete Meßeinrichtung hat. Um den Spannungsrückgang, der maximal etwa 13% beträgt, in seinem Verlauf abschätzen zu können, sei auf das Diagramm in Bild 2 hingewiesen. Durch stufenweises Zuschalten von einer oder mehreren Zellen je nach Spannung kann in vielen Fällen eine genügend genaue Spannungs-korrektur für die Vollentladung erreicht werden, ohne die Spannungs- und Frequenztoleranz (über die Umformer) der Meßgeräte zu überschreiten. Es gibt auch Umformer, die das Absinken der Spannung automatisch (Transistorumformer) oder durch Nach-stellung von Hand (Läuferumformer) kompensieren.

Wichtig bei dieser Methode ist selbstverständlich, daß die Messung immer mit frisch geladenen Akkumulatoren begonnen wird. Parallelschaltung von n-Akkus ergibt eine n-fache Kapazität, sollte jedoch wegen der unsicheren Stromverteilung vermieden

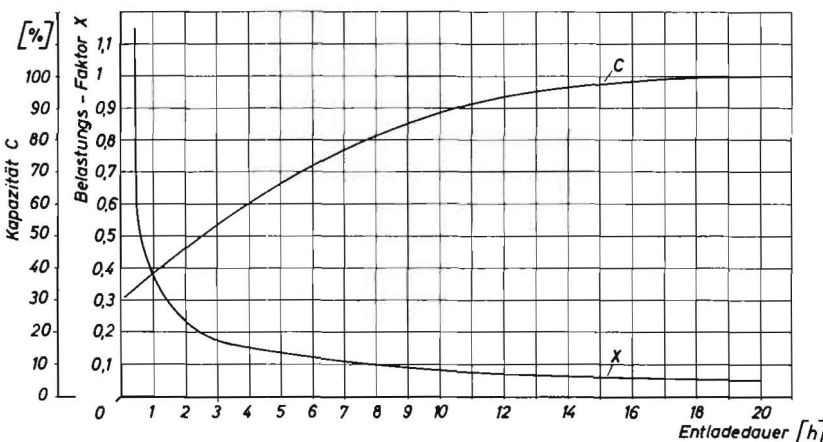


Bild 1: Abhängigkeit der Kapazität und des Belastungsfaktors von der Entladedauer bei Temperaturen um 20° C; $C = 100\% \approx C_{20}$

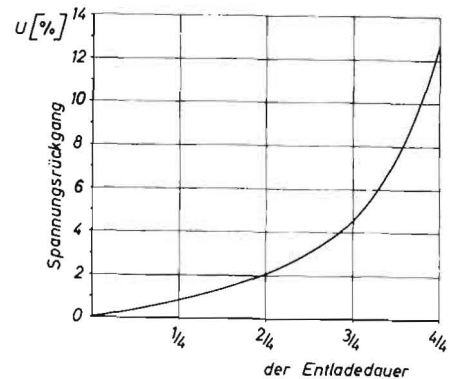


Bild 2: Spannungsrückgang während der Entladung bei Belastungsfaktoren X von etwa 0,05 bis 0,4

werden. Es ist also besser, gleich Akkus mit entsprechender Kapazität zu verwenden. Zum Erreichen einer bestimmten Spannung ist das Hintereinanderschalten von Akkus angebracht.

1.2. Zusatzlichtmaschinen mit Batterien im Pufferbetrieb

Eine zweite Möglichkeit, den Meßwagen mit Strom zu versorgen, ist der Einbau einer zusätzlichen Lichtmaschine entsprechender Leistung und Spannung. Da der Fahrzeugmotor nicht mit konstanter Drehzahl läuft, kann aus Gründen der Frequenzstabilität kein Wechselstromgenerator angetrieben werden. Deshalb kommt nur eine Gleichstrom-Lichtmaschine in Frage, bei der durch Drehzahlunterschiede hervorgerufene Spannungsänderungen von einem Regelsystem ausgeglichen werden. Solche Lichtmaschinen mit Regelsystemen für konstante Spannungen bei großen Drehzahländerungen werden von der einschlägigen Industrie für die verschiedensten Spannungen, Leistungen und Drehzahlbereiche geliefert. Diese sind für Fahrzeugbetrieb entwickelt, so daß sie den mechanischen und thermischen Beanspruchungen jederzeit gewachsen sind. Solche Fahrzeuglichtmaschinen werden unter anderem für folgende Spannungen und Nenn-Leistungen angeboten:

- 6 V von etwa 15 W bis etwa 300 W,
- 12 V von etwa 75 W bis etwa 1300 W,
- 24 V von etwa 90 W bis etwa 1300 W.

Eine 24-Volt-Lichtmaschine mit einer Nenn-Leistung von 1000 W hat einen Gehäusedurchmesser von etwa 180 mm bei einer Länge von rund 450 mm. Maschinen bis zu dieser Größenordnung sind bei entsprechendem Konstruktionsaufwand noch unterzubringen (s. auch Bild 7). Solche Lichtmaschinen sind nach Angaben der Hersteller meist 50% überlastbar.

Zu allen Lichtmaschinen gibt es abgestimmte Regelsysteme. Die Regelsysteme übernehmen selbsttätig die Spannungsregelung sowie das Zu- und Abschalten der Pufferbatterien. Die Pufferbatterien werden je nach Motordrehzahl geladen oder müssen bei langsamer Drehzahl die Stromversorgung übernehmen. Es wird empfohlen, ausschließlich Regler mit Knickkennlinie zu verwenden. Diese bringen eine gute Spannungs Konstanz in Verbindung mit der Lichtmaschine und schützen die Lichtmaschine selbsttätig vor Überlastung (Bild 3), da bei Erreichen des Höchststromes die Pufferbatterie automatisch mit zur Stromversorgung in entsprechendem Maße herangezogen wird. Die Regelung der Spannung wird durch Steuerung des Feldstromes in Abhängigkeit von der Spannung erreicht. Die Regelsysteme sind als Bauelemente zu den Lichtmaschinen erhältlich, so daß man selbst nur mehr für fachgerechte Verschaltung zu sorgen hat, die im Prinzip in Bild 4 veranschaulicht wird. Die Kapazität des Pufferakkumulators wird so ausgelegt, daß der Spannungsabfall U_a [V] des Akkumulators am Innenwiderstand infolge des Stromes einen Höchstwert von 5% nicht übersteigt. Der Innenwiderstand R_B ist der Anzahl Z der in Reihe geschalteten Zellen direkt und der Batteriergröße C_{20} umgekehrt proportional. Außerdem ist R_B von Alter und Bauweise der Batterie abhängig. Für Bleibatterien rechnet man:

$$R_B = \frac{Z}{10 \cdot C_{20}} \cdot \frac{Z}{5 \cdot C_{20}} \quad [\Omega].$$

Für maximalen Lichtmaschinenstrom I_{max} folgt:

$$U_a = R_B \cdot I_{max}.$$

Beide Gleichungen ergeben zusammen die Kapazität der Pufferbatterie:

$$C_{20} = \frac{Z \cdot I_{max}}{5 \cdot U_a} \quad [\text{Ah}].$$

Im allgemeinen haben 5% Spannungsänderung einen geringen Einfluß auf die nachgeschalteten Geräte. Dies trifft besonders dann zu, wenn die Leistung über stabilisierte Umformer gebracht wird oder die Geräte selbst stabilisiert sind. Meist ist es so, daß der Pufferakku die Stromversorgung immer nur für wenige Sekunden (Anfahren, Wenden usw.) übernehmen muß, so daß dadurch die Messung selbst in keiner Weise beeinflusst wird.

1.3. Selbständige, mitgeführte Benzin- oder Dieselaggregate

Eine weitere Art der Stromversorgung besteht darin, daß ein Benzin- oder Dieselaggregat auf dem Dach des Meßwagens oder in einem kleinen Anhänger mitgeführt wird. Ein solches Aggregat

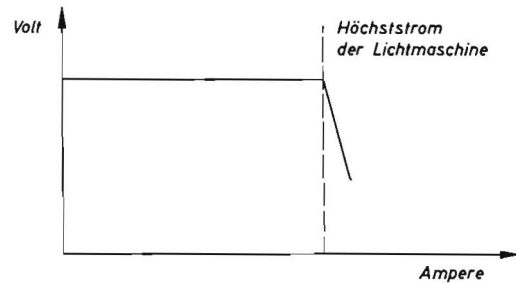


Bild 3: Knickkennlinie eines Lichtmaschinenreglers (aus einer Druckschrift der Fa. Bosch)

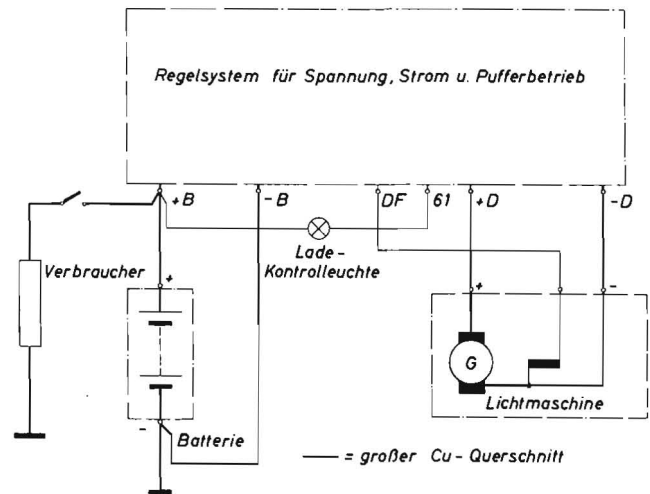


Bild 4: Prinzipschaltbild einer Lichtmaschinenanlage mit Regelsystem und Pufferbatterie

bringt eine zusätzliche Geräuschkulisse mit sich und erfordert eine gewisse Wartung. Wenn Anschlußleistungen weit über 1 kVA gefordert werden, ist es jedoch nicht zu umgehen. Gute Aggregate sind drehzahl- und spannungsgeregelt. Eine Belastungsänderung bringt eine geringfügige Frequenzänderung, die zwischen Leerlauf und Vollast etwa 5% beträgt. Die Laufunruhen bei konstanter Last sind kleiner und sollten, falls Meßverstärker und ähnliche Geräte angeschlossen werden, 1% nicht übersteigen.

2. Umformer

Werden Gleichstromquellen verwendet, muß meistens die ganze Leistung in die Form von Wechselstrom übergeführt werden. Dazu bedient man sich hauptsächlich folgender Umformer:

1. Zerhacker-Umformer,
2. Einanker- beziehungsweise Läufer-Umformer,
3. Transistor-Umformer.

2.1. Zerhacker-Umformer

Der Zerhacker ist ein mechanischer Umformer. Ein elektrischer erregter Federmassesystem zerhackt den Gleichstrom über Kontakte. Die Stromimpulse ergeben über einen Transformator den Wechselstrom mit der gewünschten Spannung. Diese Zerhacker werden hauptsächlich für Eingangsspannungen 6, 12 und 24 V hergestellt, bei Leistungen bis etwa 200 VA. Die Frequenzstabilität beträgt rund 1%. Die Ausgangsspannung sollte mit keinem größeren Klirrfaktor als etwa 15% behaftet sein, um keine zu großen Störspannungen in eventuell nachgeschalteten Registriergeräten einzuschleppen. Der Wirkungsgrad liegt bei diesen Geräten um 70%.

2.2 Einanker-Umformer

Der Einanker-Umformer ist ein Maschinenumformer. Er hat zwei getrennte Ankerwicklungen. Die eine Wicklung wird über einen Kollektor mit Gleichstrom gespeist und wirkt dann im magnetischen Feld treibend wie ein Motor. Die andere Wicklung endet in Schleifringen, an denen der Wechselstrom abgenommen wird, der im gleichen magnetischen Feld durch die Drehbewegung entsteht.

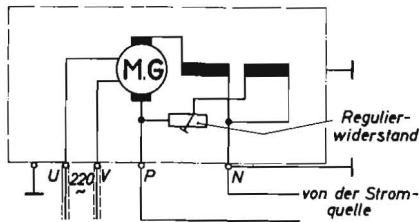


Bild 5: Schaltbild eines Einankerumformers (aus Bosch-Konstruktionsunterlage M 4/302/6206)

Die Schaltung eines Einanker-Umformers geht aus Bild 5 hervor. Bei diesen Umformern sind Spannung, Frequenz und Wirkungsgrad von der Strombelastung I abhängig. Das Diagramm in Bild 6 zeigt das prinzipielle Verhalten eines Anker-Umformers. Die Kurven für U und f sind verhältnismäßig flach, so daß bei großen Laständerungen kleine Spannungsänderungen beziehungsweise Frequenzänderungen entstehen. Bei geringer Auslastung kann jedoch der Frequenzfehler für manche Meßgeräte schon unzulässig werden. Bei festeingestellten Einanker-Umformern ist also immer darauf zu achten, daß er mit der angegebenen Nennlast belastet wird, da nur so die Nennfrequenz abgegeben werden kann. Wenn der Umformer nicht voll ausgelastet ist, kann der Frequenzfehler mit eingeeicht werden, so daß er im Meßergebnis nicht in Erscheinung tritt. Bei konstanter Belastung bleibt die Frequenz sehr stabil ($< 1\%$). Gegen Mehrpreis gibt es auch Einanker-Umformer mit Reguliervpotentiometer, welches gestattet, von Hand die Frequenz für den jeweiligen Belastungszustand genau einzustellen. Mit solchen einstellbaren Umformern kann auch das Absinken von Batteriespannungen während der Entladung in bestimmten Grenzen ausgeglichen werden. Der Wirkungsgrad (s. Bild 6) ist nur bei Nennlast begrenzt gut und sinkt bei geringer Belastung schnell ab. Im allgemeinen kann gesagt werden, daß der Einanker-Umformer einen guten und robusten Netzersatz darstellt.

2.3. Transistor-Umformer

Die Halbleitertechnik ermöglicht heute die Fertigung von Wechselrichtern, deren Hauptmerkmal das Fehlen mechanisch bewegter Teile und ein guter bis sehr guter Wirkungsgrad ist. Diese Art von Wechselrichtern arbeitet verschleißfrei und seine kleinen Abmessungen sind gerade im mobilen Einsatz zu schätzen. Je nach Bedarf lassen sich mit solchen Wechselrichtern Gleichspannungen in rechteck- oder sinusförmige, geregelte oder unregelte Wechselspannungen umformen.

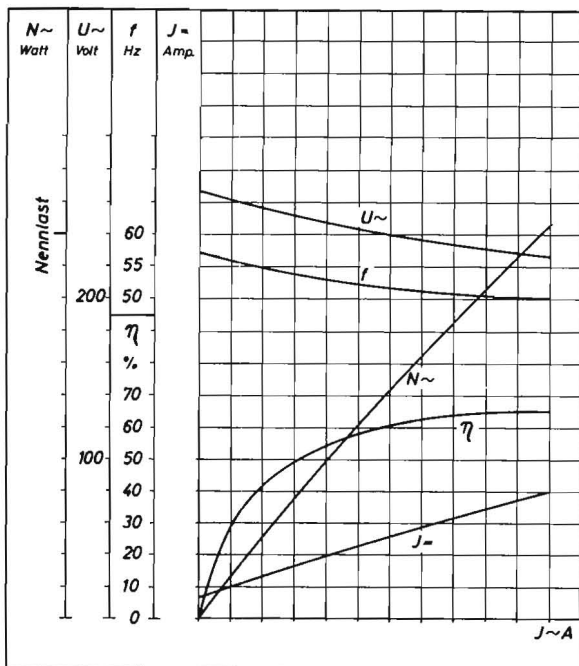


Bild 6: Verhalten der Einankerumformer bei verschiedenen Strombelastungen (aus Bosch-Konstruktionsunterlage M 4/302/6206)

Wechselrichter mit rechteckförmiger Ausgangsspannung bilden für die meisten Bedarfsfälle einen vollkommenen Netzersatz. Die Umformung erfolgt hier im Schaltbetrieb der Transistoren. Dadurch ergibt sich ein sehr guter Wirkungsgrad. Er liegt bei Vollast bei etwa 80%. Für einige Anwendungsfälle kann sich die Rechteckspannung störend auswirken. Dies ist beispielsweise gegeben, wenn Verstärker mit hohem Verstärkungsgrad auf Hochfrequenzschreiber (über 250 Hz) arbeiten. Durch Filter lassen sich die Störerscheinungen im allgemeinen auf ein zulässiges Maß reduzieren. Die Rechteckspannung ist mit einem Klirrfaktor von etwa 40% behaftet. Der Vorteil der Rechteckspannung liegt in der großen umgeformten Leistung bei geringem Schaltaufwand. Die Transistor-Wechselrichter sind bis zu großen Leistungen listenmäßig erhältlich (bis etwa 2000 VA). Transistor-Umformer mit sinusförmigem Ausgang haben einen geringeren Wirkungsgrad. Er beträgt etwa 50–60%. Der Klirrfaktor ist etwa 3%, so daß auch empfindliche Verbraucher ohne weiteres angeschlossen werden können.

Transistor-Umformern gemeinsam ist die Empfindlichkeit gegen Überspannung und Induktionsspitzen. Diese können zum Durchschlagen der Transistoren führen. Wird also nicht direkt aus Batterien gespeist, ist ein Eingangsfilter notwendig. Ebenso empfindlich sind sie gegen Blindlastüberlastungen. In vielen Fällen muß deshalb kompensiert werden. Wird bei Rechteckspannung kompensiert, kann mit etwa der halben Kondensatorkapazität gerechnet werden, wie sie für die Sinusspannung erforderlich wäre. Also:

$$C = 0,5 C_{\sim}$$

Nach praktischen Erfahrungen genügt bei Meßgeräten (Trägerfrequenzverstärkern, Oszilloskripten, UV-Galvanometerschreibern) jedoch, wenn diese unter Beobachtung der Stromaufnahme an einem geeigneten Amperemeter über einen Schiebewiderstand als Vorwiderstand angefahren werden. Ab einer Auslastung des Umformers von etwa 30% wird das Einschalten über einen Strombegrenzungswiderstand nicht zu umgehen sein. Der große Vorteil der Transistor-Umformer liegt für die Meßgerätestromversorgung in der hohen Frequenzkonstanz. Bei einem Lastwechsel von 0–100% weicht die Frequenz nur $\pm 1\%$ vom Sollwert ab. Bei konstanter Last ergibt sich daraus eine vernachlässigbare Abweichung. Bei guten Umformern darf die Eingangsgleichspannung $\pm 15\%$ schwanken, ohne daß daraus eine Frequenzänderung resultiert. Der Spannungsrückgang von Akkumulatoren, wie er in Bild 2 aufgezeigt wird, ruft daher in der Qualität der Ausgangsspannung keinen Fehler hervor. Der Transistor-Umformer stellt somit bei richtiger Bedienung einen sehr guten Netzersatz dar und ist dann als robust zu bezeichnen.

3. Beispiel eines Meßwagens

Der Meßwagen wurde von der Bayerischen Landesanstalt für Landtechnik, Freising-Weißenstephan, eingerichtet. Er ist jetzt seit über einem Jahr im Einsatz und ist wie folgt zusammengestellt:

Im Motorraum (Bild 7) ist eine zusätzliche Lichtmaschine mit einer Nennleistung von 1000 W auf einer eigens angefertigten Halterung angebracht. Ein Keilriemen, welcher über eine Schnellspannvorrichtung läuft, treibt die Lichtmaschine vom Fahrzeugmotor aus an. Am Fahrzeugmotor wurde zu diesem Zweck eine doppelte Keilriemenscheibe angebracht. Die Schnellspannvorrichtung ermöglicht es, beim Einsatz den Keilriemen erst kurz vor der Messung aufzulegen, so daß die Lichtmaschine bei normaler Straßenfahrt nicht unnötig mitlaufen muß.

Das zur Lichtmaschine gehörende Regel-, Verteil- und Überwachungssystem ist in einem Leitstand zusammengefaßt. Der Leitstand ist auf Bild 8 von vorn und im Bild 9 als Einbauelement von hinten geöffnet zu sehen. Im zuletzt genannten Bild liegt oben im Vordergrund der eigentliche Lichtmaschinenregler. Die von der Lichtmaschine erzeugte, geregelte und gepufferte Gleichspannung von 24 V wird über einen 1000 VA Transistorumformer mit konstanter Netzfrequenz von 50 Hz auf 220 V Rechteckspannung umgeformt. Zum Umformen kann auch wahlweise ein Läuferumformer von 500 VA benutzt werden, der 220 V als sinusförmigen Wechselstrom abgibt und somit auch rechteckspannungsempfindliche Verbraucher angeschlossen werden können. Die beiden Umformer, die Pufferakkumulatoren mit 136 Ah,

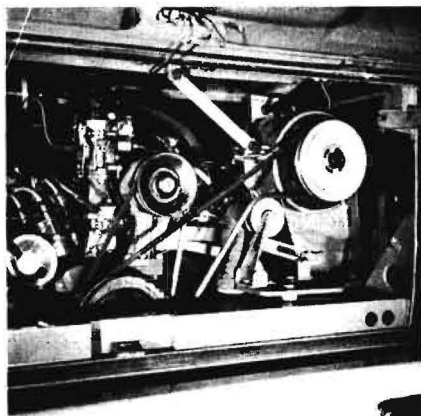


Bild 7 (oben links): Motorraum mit Zusatzlichtmaschine (rechts)
An der Kurbelwelle ist die doppelte Keilriemenscheibe und rechts daneben die Keilriemenschnellspannvorrichtung zu sehen

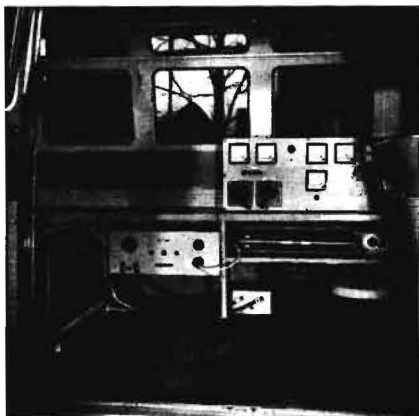


Bild 8 (oben Mitte): Blick in den Meßwagen
Oben rechts ist der Leitstand mit Instrumenten. Unter ihm befindet sich der Schiebewiderstand, die Pufferbatterien und ein Eingangsfiler für den Transistorumformer. Der Einankerumformer ist links und der Transistorumformer etwa in Bildmitte zu sehen

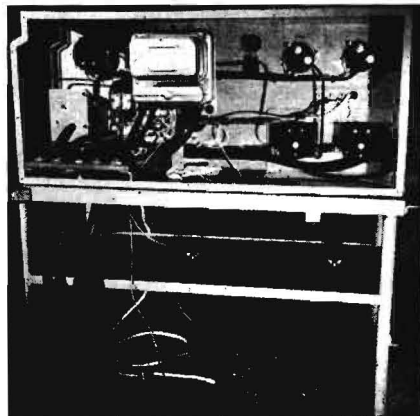
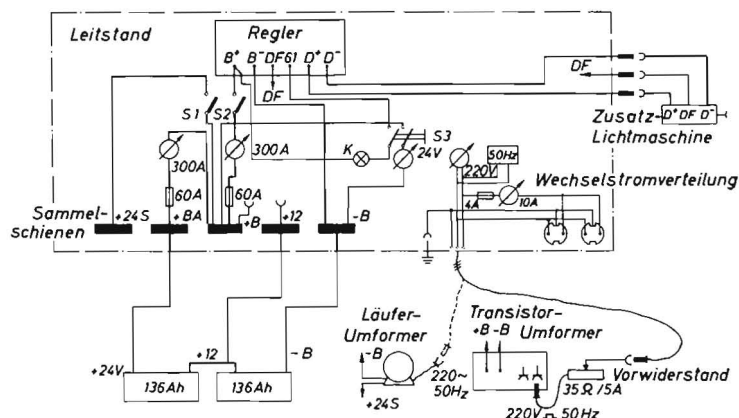


Bild 9 (oben rechts): Leitstand als Element ausgebaut und von hinten geöffnet

Bild 10 (rechts): Verschaltung der gesamten Stromversorgungsanlage im Meßwagen



ein Schiebewiderstand zum langsamen Belasten des Transistorumformers sowie ein Eingangsfiler für den Transistorumformer sind auf Bild 8 zu sehen. Wie der Leitstand und die Geräte miteinander verschaltet sind, um eine sehr einfach zu bedienende Anlage zu erhalten, geht aus der Schaltzeichnung in Bild 10 hervor. Mit dem Schalter S1 wird der hohe Primärstrom des Läuferumformers geschaltet. Der Schalter ist auf dem Bild 8 links am Leitstand zu sehen. Der Transistorumformer hat eine eingebaute Startautomatik und liegt deshalb immer fest am 24 Volt-netz. An den Instrumenten wird die Belastung und die Spannung von Batterie und Lichtmaschine überwacht. An dem Amperemeter in der Wechselstromverteilung mit Meßbereich 10 A wird der Belastungszustand der Umformer ermittelt. An ihm wird auch der Transistorumformer langsam über den Schiebewiderstand angefahren. Die Kontrolle K zeigt durch ihr Verlöschen an, daß die Lichtmaschine die volle Spannung abgibt und die Pufferbatterie geladen wird. Zur Inbetriebnahme wird der Schalter S2 und S3 geschlossen. Die Spannungen 12 V und 24 V stehen am Leitstand zur Anzapfung an Buchsen bereit. Die Tischplatte (Bild 8) über den Umformern dient als Arbeitsplatz und zum Abstellen der eigentlichen Meßgeräte. Alle Einbauten sind als Einbauelemente ausgeführt und durch wenige Schnellverbindungen rüttelsicher festgelegt. Der Meßwagen kann damit nach wenigen Minuten auch als normaler Wagen dienen.

Zusammenfassung

Es werden Stromquellen mit ihren Eigenheiten und Grenzen besprochen und eine Möglichkeit gezeigt, allein mit Batterien eine gute, jedoch zeitmäßig beschränkte Meßgerätestromversorgung aufzubauen. Dabei wird auf den Zusammenhang von Meßzeit und Batteriekapazität so weit eingegangen, daß diese Größen bei der Planung abgeschätzt werden können. Ferner werden Umformer vorgestellt und in ihr Wesen ein Einblick gegeben, so daß man in der Lage ist, sie für den Einsatz richtig auszuwählen. Abschließend wird ein Beispiel eines Meßwagens gebracht, welcher maximal 1500 VA bei 220 V für den Betrieb von Meßgeräten bereithält.

Résumé

Reinhold Herppich: "Measuring Carriage with Special Consideration of the Power Supply".

Voltage sources with their peculiarities and limits have been discussed and a way is shown how to build up a good but timely limited power supply of the measuring tools by batteries only. The testing time in relation to the battery capacity is dealt with so that these quantities can be estimated at planning.

Moreover transformers are demonstrated and explained enabling one to choose them for the appropriate use. In conclusion a measuring carriage is exemplified storing at maximum 1500 volt-amperes with 220 V for the supply of measuring tools.

Reinhold Herppich: «Etude de voitures de mesure en tenant compte en particulier de l'alimentation en courant.»

L'auteur discute les sources de tension et leurs caractéristiques et limites et montre une possibilité permettant de réaliser une bonne alimentation en courant des appareils de mesure à l'aide de batteries, mais dont la durée est limitée. Il examine les temps de mesure pour savoir quelle capacité des batteries il faut prévoir lors de l'étude de l'ensemble de mesure. Il décrit en outre des transformateurs et leurs particularités afin de pouvoir choisir les plus appropriés à une utilisation déterminée. Il décrit enfin une voiture de mesure qui peut fournir 1500 VA à 220 V au maximum pour le fonctionnement des appareils de mesure.

Reinhold Herppich: «Vehículos de medición, su abastecimiento de corriente eléctrica.»

Se trata de las fuentes de energía eléctrica, sus condiciones especiales y sus límites, tratándose de la posibilidad de equipar los vehículos exclusivamente con acumuladores para el trabajo de los instrumentos que puede dar buenos resultados, si bien por tiempo limitado. Hablando de la capacidad de la batería y el tiempo de medición, se dice que no debe resultar difícil apreciar estos valores para los fines de la construcción. Se presentan también transformadores y se habla de sus características, para que pueda elegirse el modelo más conveniente para cada caso determinado. Para terminar se da como ejemplo un vehículo de medición que suministra 1500 VA de corriente de 220 V para el servicio de los instrumentos.