

Lichtmaschinenregler (und Artverwandtes)

Eine Abhandlung von Andreas Zeiff

Vorweg, der Text erhebt keinen Anspruch auf absolute Wahrheit. Viele Details wurden weggelassen oder Teile möglichst einfach beschrieben um auch dem Laien einen schnellen Einstieg ohne großen Theorieballast zu ermöglichen. Wichtige Grundlagen die für das Verständnis nötig sind werden daher nur kurz beschrieben, im WWW finden sich ja genügen weiterführende Quellen für den Interessierten.

Warum Lichtmaschine und wie erzeugt sie Strom

Ein Lichtmaschine kurz Lima genannt soll, während der Motor läuft, als Generator Strom für das Bordnetz erzeugen. Dazu nutzt man die Tatsache, dass in einem Draht der von einem Magnetfeld geschnitten wird ein Strom induziert wird. Je schneller das Magnetfeld sich relativ zum Draht „bewegt“, und je stärker das Magnetfeld selbst ist um so höher die erzeugte Spannung. Ein Draht allein bringt nur wenig Spannung, daher wickelt man den Draht zu einer Spule auf um möglichst viele Drahtabschnitte hintereinander zu bekommen - die Spannung der einzelnen Drahtabschnitte addiert sich so wie bei hintereinandergeschalteten Taschenlampenakkus. Um einen ausreichend hohen Strom zu erzeugen, muß die Spule einen geringen Eigenwiderstand aufweisen, je höher also die Stromausgabe an der Lima um so dicker der Draht der Spule. Um das Magnetfeld möglichst konzentriert auf die Spule zu leiten setzt man Polschuhe aus Eisenblech ein.

Warum benötigt man einen Regler

Das Bordnetz eines KFZ ist ja auf eine bestimmte Spannung ausgelegt. Es haben sich 6V, 12V und 24V als gängige Spannung etabliert. Diese Spannungen hängen mit dem Akku, auch Sammler oder Batterie genannt zusammen. Man verwendet und verwendet fast ausschließlich Bleiakkus. Der Bleiakku hat pro Zelle eine Spannung von rund 2V, Vielfache davon ergeben so die oben genannten 6, 12, 24 V Bordnetze. Der Akku sorgt durch seine Stromspeicherung für elektrische Energie wenn der Motor nicht oder zu langsam läuft (Vorglühen, Start, Leerlauf) aber er muß während der Fahrt nachgeladen werden. Dazu muß eine Spannung anliegen die etwas höher ist als die Nennspannung des Akkus also statt 12V müssen es 13,8 V sein, bei Kälte im Winter sogar 14,2 V. Eine noch höhere Spannung läßt den Akku gasen, d.h. es wird das Wasser in der Säure des Akkus zu Knallgas zersetzt, der Akku „kocht,“. Dabei geht jeder Akku eher früher als später kaputt. Bleiakkus müssen daher mit begrenzter Spannung geladen werden also maximal auf Werte knapp unterhalb der Spannung bei der sie gasen würden. Den Ladestrom den sie aufnehmen bestimmen sie dagegen selbst! Je nach angelegter Spannung unterhalb der Gasungsspannung wandelt der Akku mehr oder weniger Strom in Blei und Bleioxid um. Da die aktiven Flächen im Akku begrenzt sind kann nicht mehr umgewandelt werden als dieser Fläche entspricht, der Akku regelt sich so selbst ein.

Um also den Blei-Akku nicht zu überladen muß die Spannung auf einen bestimmten Wert begrenzt, eingeregelt werden. Zudem brennen Birnen schneller durch wenn sie mit erhöhter Spannung betrieben werden, auch das ein guter Grund für den Regler.

Kurz gefasst:

Eine Lichtmaschine an einem Motor dreht ja unterschiedlich schnell je nach Motordrehzahl. Wie oben beschrieben wird aber mit höherer Magnetfeldgeschwindigkeit im Draht auch eine höhere Spannung induziert. Da man natürlich auch im Leerlauf schon eine Ladespannung haben möchte ist die Spannung dann bei höherer Drehzahl = schnelleres Magnetfeld zu hoch => eine Regelung wird nötig. Eigentlich recht einfach, wenn man weiß wie die Dinge zusammenhängen oder?

Lichtmaschinenvarianten

Auf diesen grundlegenden Voraussetzungen bauen nun alle KFZ-Generatoren auf. Es gibt (gerade bei Oldtimern) nur drei wesentliche Limaversionen die sich allerdings sehr voneinander unterscheiden. Die Gleichstromlima (DC-Lima =Direct Current) die Drehstromlima und die Schwunglichtlima. Ihre Regler sind funktionsbedingt auch teilweise unterschiedlich.

Bei allen Limas muß ja ein Magnetfeld einen Stromleiter = Draht „schneiden,“. Dies kann man nun auf unterschiedlichem Wege erreichen. Entweder bewegt sich das Magnetfeld oder man bewegt die Generator-Spule, der Effekt ist der gleiche.

Beim Schwunglichtzündler steht die Spule fest, am Polrad (oft im Gebläserad integriert) sitzen Permanent-

Magnete und sausen um die Spule herum.

Bei DC-Lima ist das Magnetfeld fest (Erregerspulen im Gehäuse) und die Generator-Spulen im Anker drehen sich mit diesem durch das Magnetfeld.

Die Drehstromlima dagegen setzt wieder auf ein sich drehendes Magnetfeld, der Anker mit dem Magnetfeld dreht sich in der Statorspule = Generator-Spule.

Bei allen Versionen gilt: je schneller sich die bewegten Teile drehen um so höher ist die erzeugte Spannung! Dazu kommt noch ein anderer Faktor: Jeder Draht hat ja bekanntermaßen einen eigenen (Innen)Widerstand, das gilt auch für die Spule in der Lima. Möchte man nun aus einer Lima viel Strom herausholen wird der Draht daher ja dicker. Aber auch bei gleichbleibendem Drahtdurchmesser muß eine Lima sich „mehr anstrengen,“ um einen größeren Strom durch den Draht zu pressen als bei geringem Strom. Das ist wie bei einem Wasserschlauch. Ein dünner Schlauch benötigt einen höheren Druck als ein dicker Schlauch für die gleiche Literleistung. Aber auch der dicke Schlauch benötigt etwas mehr Druck, wenn eine höhere Wassermenge in gleicher Zeit rausfließen soll. Für die Lima bedeutet das, dass die Spannung mindestens so hoch sein muß, wie es für den maximalen Strom den sie liefern kann nötig ist. Bei Teillast ist dann aber die Spannung wiederum zu hoch. Gerade letzteres ist ein Manko der Schwunglichtlima ohne Regler (gibt's tatsächlich als Billigsteil, dazu später). Um zu regeln kann man nun 2 Methoden anwenden. Da die Drehzahl ja „besetzt,“ ist kann man nur noch die Stärke des Magnetfeldes regeln, je schwächer das Feld um so kleiner die induzierte Spannung.

In der Praxis bedeutet dies: Drehzahl rauf = Magnetfeldstärke runter. Bei DC- und Drehstromlima wird daher das Magnetfeld durch Erregerspulen = Elektromagnete erzeugt. Die Elektromagnete werden bei zu hoher Spannung einfach ausgeschaltet und wie überall gilt auch bei der Lima: Wo man nix reinschüttet kann auch nix rauskommen, die Ausgangsspannung sinkt daher ab.

Schwunglicht- oder Permanentmagnetlima

Bei Lima mit Permanentmagneten kann man das Magnetfeld natürlich nicht ausschalten wenn die Drehzahl steigt. Also sind diese Lima eigentlich nicht zu regeln. Als Nothilfe nimmt man nun einfach einen „regelbaren,“ Widerstand und schaltet den zum Bordnetz dazu. Leerlauf = gerade so die Ladespannung des Akkus erreicht oder noch knapp drunter = Ladekontrolllampe leuchtet. Steigt die Drehzahl geht die Bordspannung hoch = die Lampen leuchten deutlich heller, an jedem Moped mit so einer Lima gut zu sehen. Einfache Billigheimer mit nur 20 oder 30W Leistungsabgabe nehmen nun den Akku als Widerstand, bei höherer Spannung ist sein Ladestrom natürlich höher und belastet die Lima stärker. So begrenzt er die Ausgangsspannung der Lima (wir wissen ja je höher der Ausgangsstrom um so mehr Spannung braucht die Lima für das „durchpressen,“ des Stroms durch sich selbst). Im Extremfall kocht dann der Akku oder wenn der Akku ausfällt (Kabelbruch..) brennen bei hoher Drehzahl schlagartig alle Lampen wegen Überspannung durch (gleiches passiert beim Fahrraddynamo wenn die vordere 6V 3W Birne durchbrennt. Da geht die Spannung des unregulierten Dynamo schlagartig so hoch, dass die Rücklichtbirne auch gleich aus Sympathie mit durchbrennt). Dann steht man im Dunkeln, vorzugsweise an einer gefährlichen Stelle. Daher bauen manche Hersteller einen mechanischen oder elektronischen zuschaltbaren Widerstand ein. Leerlauf, Akku wird gerade geladen, höhere Drehzahl Regler wird zugeschaltet und „verbrät,“ die Zusatzleistung in Wärme bis die Bordnetzspannung auf dem Normwert liegt. Wird das Licht angemacht nimmt der Regler den Zusatzwiderstand zurück, da ja das Licht nun die Lima belastet. Licht aus, Widerstand vom Regler wieder ran usw. Es wird also keine Lichtmaschinenleistung geregelt sondern Überschußleistung einfach „abgefackelt,“ alles was die Lima „zuviel,“ bietet muß weg um die Spannung zu halten, braucht man die Leistung nicht im Fahrbetrieb verheizt sie daher der Regler. Mit dem Wasserschlauchbeispiel: die Pumpe bringt immer volle Leistung. Soll nun an einem Schlauchausgang nur wenig Wasser rauskommen und kein Hochdruckstrahl so dreht man einfach irgendwo anders noch einen Hahn soweit auf, dass der Wasserdruck genügend weit absinkt. Das Wasser aus diesem „Regler-Hahn,“ geht halt verloren.

DC- und Drehstromlima

Um bei höheren Limaleistungen nicht eine Kochplatte, oder einen Heizlüfter mit rumschleppen zu müssen setzt man da besser auf regelbare Elektromagneten. Drehzahl niedrig = Magnetkraft hoch, Drehzahl hoch = Magnetkraft schwach. Diesem Regelprinzip kommt eine Eigenschaft der Spule entgegen, schaltet man den Strom durch eine Spule ab so sinkt die Spannung an der Wicklung nur langsam ab. Das ist genau wie das Prinzip der Lima. Strom durch Spule = Magnetfeld; Strom aus = Magnetfelderzeugung fällt aus, das Magnetfeld schrumpft. Das schrumpfende Magnetfeld aber ist ja eine Änderung des Magnetfeldes in den Drähten der Spule => Spannung wird erzeugt und damit kann die Spannung der abgeschalteten Spule nur langsam weniger werden und damit auch das Magnetfeld da ja nun wieder Spannung da ist...

Kurz und gut die gängigen Regler schalten bei zu hoher Spannung einfach den Strom für die Erregerwicklung aus. Damit nimmt das Magnetfeld langsam ab. Sinkt dann die Ausgangs-Spannung der Lima unter den eingestellten Wert schaltet der Regler den Erregerstrom wieder auf die Spule und so fort. Durch schnelles Ein/Ausschalten kann man so das Magnetfeld und damit die Spannung recht gut regeln, elektronische Regler schaffen das rund 3000 mal in der Sekunde (unser 230V Lichtnetz macht dagegen nur 50Hz), mechanische Relaisregler schalten natürlich viel weniger schnell und oft.

DC-Lima

Früher konnte man Strom nur sehr schwer gleichrichten und der Akku benötigt ja Gleichstrom um geladen zu werden. Es gab keinen Halbleiter wie heute, z.B. Dioden, zum gleichrichten und auch keine Transistoren. Alle Regler sind daher als mechanische Regler mit Relais aufgebaut gewesen. Auch den Strom konnte man nur mechanisch umrichten also einen Kollektor mit Kohlebürsten einsetzen. Die sich im Magnetfeld drehende Spule erzeugt grundsätzlich Wechselstrom. Der Kollektor unterteilt nun die Spule in viele Abschnitte. Die Kohlebürsten greifen dann den erzeugten Strom an genau der Stelle ab wo die erzeugte Spannung gerade die richtige Polarität aufweist. Auf der einen Seite ist sie negativ = Massebürste(n) oder Massekohle, auf der anderen Seite Positiv = Pluskohle(n). So konnte man früher doch recht große Ströme als Gleichstrom erzeugen. Nachteil der Methode ist natürlich der Bürstenverschleiß, das Bürstenfeuer, das sind die Funken die an den Schleifkohlen entstehen wenn sie von Segment zu Segment am Kollektor wechseln. Ein weiterer Riesennachteil der DC-Lima ist ihre „Zähigkeit,“. Sie erzeugt fanatisch Strom bis zum eigenen Exitus durch abrauchen. Daher benötigt sie eine Strombegrenzung. Grund dafür ist ihr Aufbau:

Außen sitzen die Erregerwicklungen und erzeugen ein Magnetfeld. Innen der Anker in dem die Spannung erzeugt wird. Belastet man nun die Lima durch Kurzschluß... erheblich über ihren Nennwert passiert das: Die Spannung im Anker sinkt ab und damit die Ausgangsspannung. Der Spannungsregler merkt das und gibt „Vollgas,“, also vollen Durchgang auf die Erregerwicklung um über das größere Magnetfeld die Spannung zu steigern. Das klappt aber nicht da die Lima ja wegen Überlastung zu wenig Spannung liefert. Also ist das Erregerfeld immer eingeschaltet. Damit wird im Anker auch immer Strom erzeugt. Je höher der Strom um so größer die Verluste wegen des ohmschen Widerstandes der Ankerspule = sprich das Ankerteil wird warm, dann heiß und verglüht schließlich! Die Spannung ist dabei recht kein, aber das ist egal, Punktschweißgeräte arbeiten auch nur mit 2V aber 1000 A und mehr. Die DC-Limas haben daher praktisch alle 2 Regler: einen für die Spannungsbegrenzung und einen für den maximalen Abgabestrom. Das funktionierte so: Relaispule zieht einen Plunger (Anker) gegen eine Feder. Je höher die Spannung um so mehr Strom geht durch die Relaispule = Magnetfeld wächst und der Anker des Relais zieht immer stärker gegen die Federkraft. Schließlich öffnet das Relais die Kontakte und der Erregerstrom wird unterbrochen. Nun sinkt die Spannung in der Relaispule ab, das Magnetfeld wird schwächer, die Feder zieht die Kontakte wieder zusammen und der Erregerstrom fließt wieder.

Das Überlastrelais dagegen benutzt eine Spule durch die der gesamte Ausgangsstrom der Lima hindurchging. Sehr hoher Strom = starkes Magnetfeld, Relais zieht gegen die Federkraft an und der Erregerstrom wird unterbrochen.

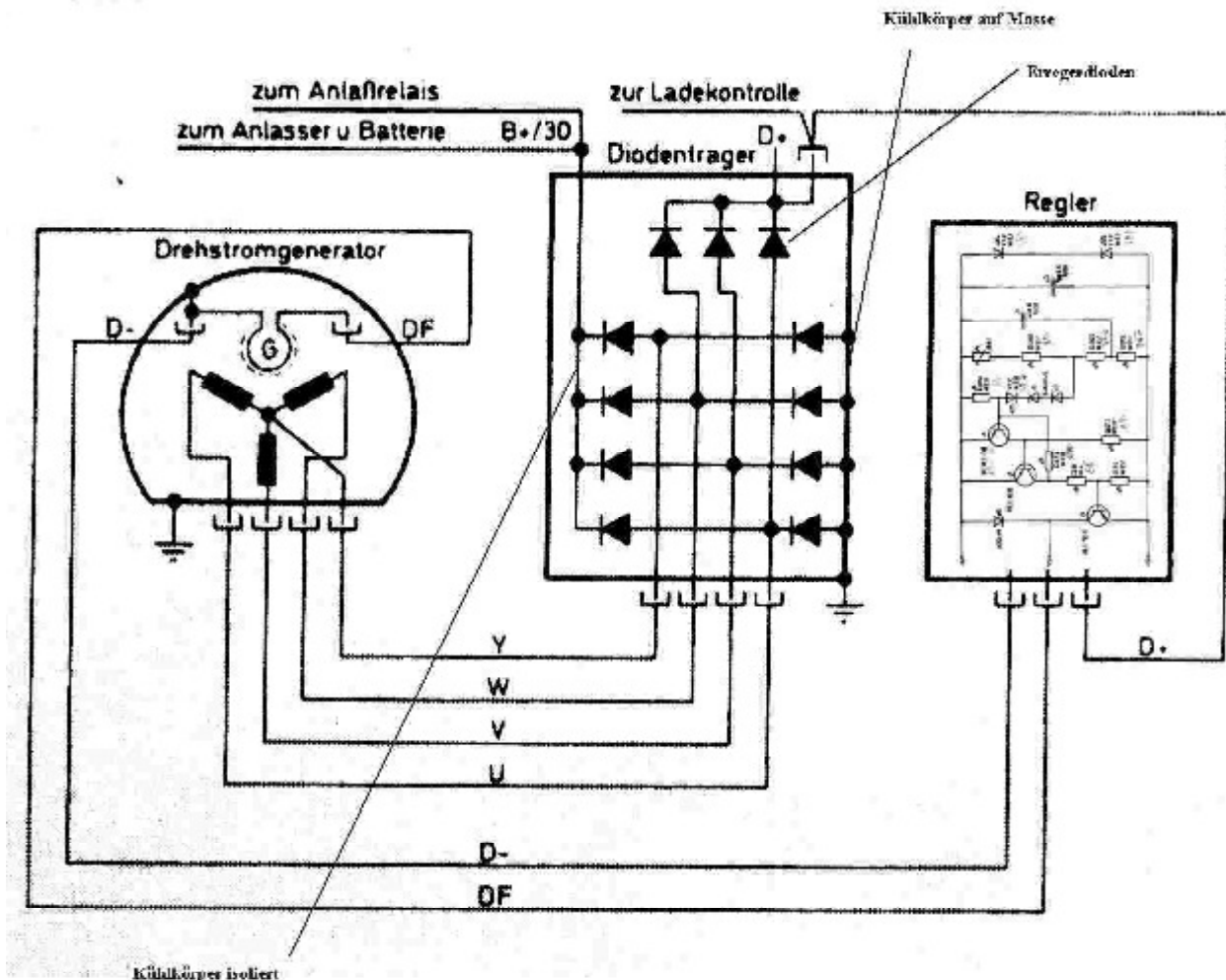
Bei beiden Relais gibt es jeweils beim Öffnen eine Funkenbildung und damit den sogenannten Kontaktabbbrand. Da sich damit die Kontakte verändern und man ja auch etwas die Spannung einregeln mußte gab es an den Federn kleine Schrauben um deren Vorspannkraft zu verändern.

Es waren aber immer 2 Relais nötig. Billige Ausführungen packten beide Arten ineinander also eine kleine Spule aus dünnem Draht für die Spannungsregelung und drumrum die dicke Spule für den großen Ausgangsstrom als Überlastungsregler. Nachteil dabei ist, je höher der Strom aus der Lima um so weniger Spannung kann sie liefern. Die Magnetfelder der beiden Spulen addieren sich ja. Im Extremfall ist das so: Spannung hoch kein da kein Verbraucher da, Magnetfeld der kleinen Spule zieht an. Anderer Fall Spannung sehr klein (Kurzschluß), Magnetfeld Überlastschalter zieht an. Im Mischfall also Spannung „normal,“, aber hoher Strom addieren sich beide Magnet-Felder und der Schalter macht dann bei geringerer Spannung schon auf. Also z.B. 30A dürfen es maximal sein bei 13,8 V. Ohne Verbraucher also 0 A macht der Spannungsregler bei 13,8V auf. Kurzschluß und 6 V bei hohem Strom da macht der Überlastschalter bei >30 A auf. Bei 25A Belastung aber zieht so ein Kombirelais halt dann schon bei 12,8V oder noch weniger Spannung an.

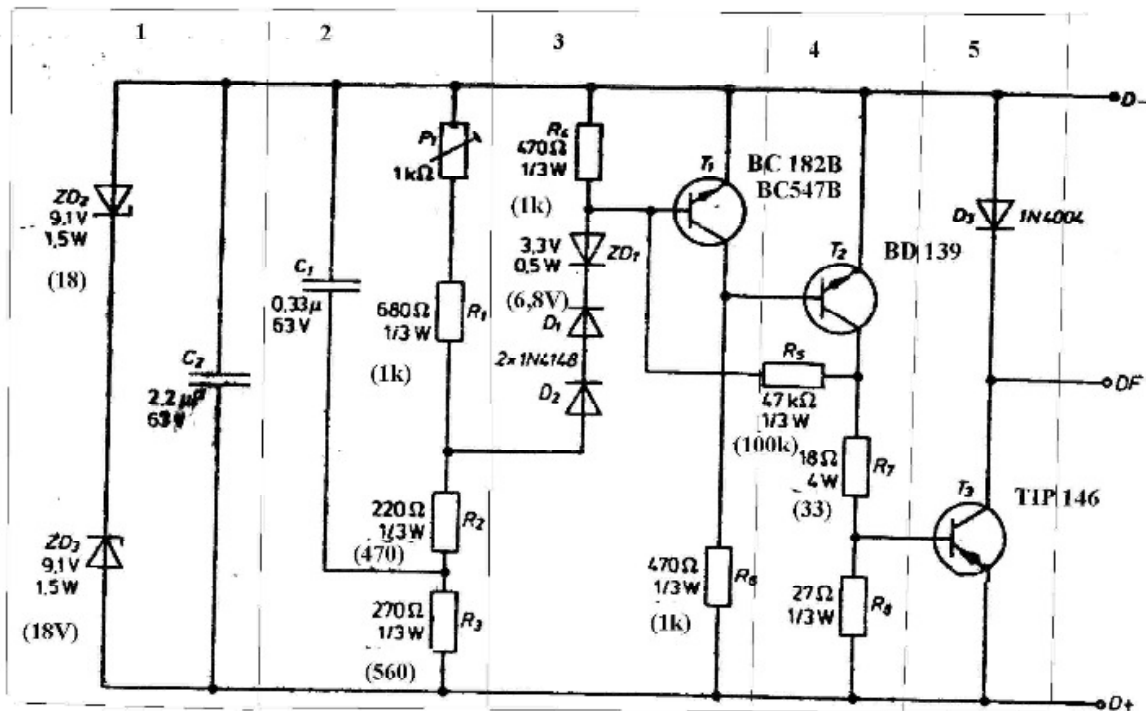
Manche sagen nun in ihrer Lima /Reglerkasten sind aber 3 Relais drin. Stimmt. Schaltet man den Motor ab steht die Lima und der Strom aus dem Akku würde die DC-Lima wie einen Elektromotor antreiben wollen. Daher mußte da ein Rückstromrelais eingebaut sein. Das trennt die Lima vom Bordnetz, besser vom Akku solange sie nicht läuft.

Drehstromlima

Die Drehstromlima ist die moderne Ausführung des Bordgenerators. Sie wurde erst durch den Einsatz von leistungsfähigen Gleichrichterioden möglich. Bei ihr dreht sich im Inneren ein Anker = Läufer mit einer Spule. Diese erzeugt das Erregermagnetfeld und bekommt ihren Strom über Schleifringe. Da die Ringe keine Spalten/Nuten haben wie der Kollektor der DC-Lima und der Erregerstrom zudem viel kleiner ist als der Ausgangsstrom der DC-Lima gibt es da keine Funkenbildung => die Drehzahl der Drehstromlima kann viel höher liegen und die Lebensdauer der Schleifkohlen steigt trotzdem stark an. (Für LKW und Busse gibt es sogar bürstenlose Limas nach diesem Prinzip die noch langlebiger sind). Da man ja ein wechselndes Magnetfeld benötigt wird die Erregerspule durch 2 Metallbleche eingefasst die das Magnetfeld sammeln und „umbiegen“, der sogenannte Klauenpolläufer (Näheres unter Wikipedia...) entsteht. Aus dem einfachen axialen Feld der Spule wird so ein radialer mehrpoliger Magnet. Dieses Magnetfeld rotiert nun in einem Statorgehäuse in dem 3 gleiche Spulen untergebracht sind. 3 Spulen kann man besser verteilen sprich man bekommt so bei gleichem Platz mehr Kupferdraht im Stator unter und das heißt Mehrleistung aus gleichem Rauminhalt. Aus dieser sogenannten Drehstromwicklung kommt nun ein Wechselstrom der von Spule zu Spule 120°phasenverschoben ist. Das interessiert uns weiter nicht. Wichtig ist nur, dass der Ausgangsstrom viel stärker ist als der Erregerstrom und nun direkt ohne Kohlebürsten auf je 2 Gleichrichterioden pro Spule gegeben wird. Der Gleichrichter hat also 6 dicke Dioden. Durch die Aufteilung auf 3 Spulen bringt jede Spule rund 1/3 des Ausgangsstromes der Lima – dadurch können auch die einzelnen Dioden 1/3 kleiner sein. Diese sind manchmal separat angebaut oft aber in der Drehstromlima gleich mit Kühlkörper integriert. Am Ausgang der Lima nach den Dioden haben wir dann den gewünschten Gleichstrom.



Geregelt wird bei der Drehstromlima auch die Spannung und zwar exakt so wie bei der DC-Lima. Es wird also einfach der Erregerstrom zum Anker/Läufer schnell ein und ausgeschaltet (auch hier ist es erstmal egal ob mechanisch oder elektronisch). Eine Überlastregelung dagegen entfällt. Das hat einen einfachen Grund: Eisenblech kann nur einen bestimmten maximalen Magnetfluß leiten. Die Erregerspule im Anker kann ebenfalls nur eine bestimmte Magnetfeldstärke aufbauen. Belastet man nun die Drehstromlima durch Kurzschluß so wird dieser maximale Wert für das rotierende Magnetfeld schnell erreicht. Wie wir wissen ist die Magnetfeldstärke eine Voraussetzung für die Leistung eines Generators. Da der maximale Wert hier



Schaltplan eines Reglers für Gleichstromgenerator 7 V. Für 14 V Generatorspannung sind folgende Werte zu ändern: $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$; $R_2 = 470 \Omega$; $R_3 = 560 \Omega$; $R_4 = 1 \text{ k}\Omega$; $R_5 = 100 \text{ k}\Omega$; $R_6 = 1 \text{ k}\Omega$; $R_7 = 33 \Omega$; 4 W; $ZD_1 = 6.8 \text{ V}$; $ZD_2 =$

konstruktiv vorgegeben ist kann niemals mehr Strom erzeugt werden als das Magnetfeld es zuläßt. Auf diesen Maximalstrom aber ist die Drehstromlima ja ausgelegt, sie wird zwar heiß aber nicht thermisch überlastet.

Auch einen Rückstromschalter sucht man vergebens. Die Dioden sperren ja den Strom in einer Richtung. Steht die Lima so sperren die Dioden den „Rückstrom“, aus dem Akku zuverlässig ab (solange sie OK sind, Fehler gibt es auch da mal ganz selten, dann ist der Akku schnell leer).

Alles zusammengefasst ist die Drehstromlima ein echter Fortschritt denn:

- Sie verträgt entschieden höhere Drehzahlen
- Sie hat eine deutlich längere Lebensdauer der Schleifkohlen
- Sie ist entschieden einfacher zu regeln
- Sie kann nicht überlastet werden

Vor allem Punkt 1 die höhere Drehzahlfestigkeit ist in der Praxis toll. So kann man die Lima höher übersetzen ohne ihre Lebensdauer zu beeinträchtigen. Da sie im Leerlauf bereits höher dreht kann sie da auch mehr Strom erzeugen und mehr Verbraucher (Nachglühen, Elektroheizer, Zusatzscheinwerfer oder Scheibenheizung...) versorgen und! gleichzeitig den Akku nachladen. Dadurch dreht sie aber bei Vollgas auch schneller, aber das verträgt sie ja gut im Gegensatz zu den drehzahlempfindlichen Kollektoren der DC-Lima. Handelsübliche Auto-Drehstrom-Limas verkraften locker 10.000 Umin, selbst 14.000 und mehr sind nicht selten.

Spannungs-Regleraufbau DC- und Drehstromlima

Der Spannungs-Regler für die DC- und Drehstromlima ist im Aufbau absolut gleich. Er muß ja immer nur einen Erregerstrom in Abhängigkeit der Lima-Ausgangsspannung ein- und ausschalten. Dazu genügt eine Schaltung die die Ausgangsspannung mißt, mit einem Sollwert vergleicht und dann einen Transistor-Schalter für den Erregerstrom betätigt. Praktisch wird das so gemacht, dass die Schaltung sich erstmal eine eigene gute Stromversorgung (mit Abschnitt 1 im Schaltplan bezeichnet) schafft (die Lima produziert ja Gleichstrom der mit 3000Hz „schwankt“, und wenn man als Schaltung selbst sowas merken spricht so schnell regeln soll darf die eigene Versorgung nicht „blinzeln,“). Nach dieser Spannungsstabilisierung kommt ein Spannungsteiler. Hier wird eine immer gleiche Referenzspannung erzeugt. Diese Referenzspannung kann man per Widerstand etwas verstellen, das entspricht der Schraube an der Feder des mechanischen Relais (mit Abschnitt 2 im Schaltplan bezeichnet). Mit dieser Referenzspannung vergleicht nun ein Transistor die Ausgangsspannung der Lima, ist der Wert zu hoch/niedrig gibt er „Befehl,“ an eine weitere Transistorstufe (mit Abschnitt 3 im Schaltplan bezeichnet). Diese verstärkt nun das Signal und steuert den eigentlichen Schalttransistor an (mit Abschnitt 4 im Schaltplan bezeichnet). Dieser dicke Transistor kann nun den Erregerstrom von normal 3-4 A bei großen Lima auch 10 A ein- und ausschalten ohne Funkenbildung oder Verschleiß. Das alles passiert wie schon geschrieben bis zu 3000 mal in der Sekunde. Schaltungen für

diese Art der Regelung gibt es natürlich mal wieder viele, das Prinzip ist aber immer das oben beschriebene.

Für die Drehstromlima ist das schon alles, mehr braucht sie nicht.

Die DC-Lima benötigt nun noch einen Überlastschutz und einen Rückstromschalter. Der einfachste Überlastschutz ist die Schmelzsicherung. Einfach am Ausgang der DC-Lima eine entsprechend dimensionierte Schmelzsicherung reicht völlig aus. Überlastung tritt ja nur bei Plattenschluß im Akku oder durchgeschauerten Kabelisolierungen auf wenn das Fahrzeug sonst gut gewartet ist. Eine aufwändigere Überlastsicherung ist daher nicht nötig. Als Rückstromschalter bietet sich das Prinzip der Drehstromlima an. Man setzt einfach eine große Diode in den die Ausgangsleitung der DC-Lima. So kann der Strom zwar aus der Lima heraus = Durchlaßrichtung der Diode aber kein Strom aus dem Akku im Stillstand hinein. Da DC-Limas meist eh nicht sonderlich viel Strom liefern normalerweise unter 30-40A kann man dafür vom Schrottplatz ausgebaute alte Drehstromdioden verwenden. Auch sogenannte schnelle Hochlastdioden mit entsprechender Amperebelastbarkeit eignen sich gut. Den geringen Spannungsabfall an den Dioden (ca 0,8-1,8V) kompensiert man mit einer etwas höheren Spannungsreglereinstellung. Damit ist auch die DC-Lima auf vollelektronische Regelung umgestellt.

Regelung Schwunglichtlima

Bei der Schwunglichtlima sieht es ganz anders aus. Hier benötigen wir ja einen regelbaren Widerstand um überschüssige Leistung zu verheizen. Glücklicherweise gibt es dafür aber schon passende komplett fertige Bauteile zu kaufen. Die Teile nennen sich Festspannungsregler und regeln eine eingehende hohe, feste oder in Grenzen variable Gleich-Spannung auf einen Festwert am Ausgang. Der Regler kommt daher nach der Gleichrichterdiode zwischen Bordnetz und Diode in die Leitung der Lima. Der Regler hat dafür 3 Beinchen eines für Masse, eines für den Eingang und eines für das Ausgangskabel mit der geregelten Spannung. Leider gibt es die Regler aber nicht in den Werten 13,8 V oder 7,1 V und auch 28 V für 24 V Netze sind nicht unbedingt häufig. Ein Trick schafft hier Abhilfe. Gehen wir mal von 12 V Netzen aus. Da soll die geregelte Ausgangsspannung bei 13,8 V liegen. Nun gibt es aber nur 12 V Festspannungsregler in dem Bereich. Der Regler regelt also exakt 12 V zwischen seinem Massefüßchen und dem Ausgangsfüßchen. Schalten wir nun zwischen der Fahrzeugmasse und dem Massefüßchen des Reglers eine Diode dazwischen so wird das Potential des Reglerfüßchens um die Diodenspannung (je nach Typ rund 1,8V) angehoben. Am Ausgang haben wir so exakt die gewünschten 13,8V zwischen Reglerausgang und Fahrzeugmasse. (Wer es exakter einstellbar mag kann auch einen einstellbaren Spannungsteiler an der Stelle verbauen) Die Differenz von den 13,8 V Ausgang zur Eingangsspannung verheizt der Regler. Er muß daher auf einen entsprechend dimensionierten Kühlkörper aufgebaut werden. Da die Festspannungsregler pro Stück nur 1 bis 1,5 A vertragen muß man nun je nach Ausgangsstrom eben entsprechen viele Regler parallel schalten. Bei 15 A Ausgangsleistung der Lima eben 10 oder 12 Regler. (Bei nur wenigen Cent pro Reglerbauteil ist das echt preiswert.) Das macht aber im Beispiel auch schon eine Limaleistung von 180 W, ein eher hoher Wert für Schwunglichtlimas.

Da alle modernen Festspannungsregler eine interne Temperatursicherung drin haben schalten sich die Regler bei Temperaturen über 150°C im Chip selbst ab. Eine Schmelzsicherung wie bei den DC-Limas ist aber trotzdem nie verkehrt!

Die Schaltung mit den Festspannungsreglern kann man auch anderweitig nutzen. Statt Vorwiderstand an der Glühkerze oder teurer Spannungsschaltung um ein 12V Radio an 24V Bordstrom zu betreiben baut man einfach eine solche kleine und billige Festspannungsreglerschaltung im gewünschten Spannungsbereich auf. Da glüht dann nix mehr durch da ja intern die Temperatur überwacht wird. Diese Temperaturüberwachung kann man auch als Heizung nutzen. Die flachen Gehäuse der Regler lassen sich mit Wärmeleitpaste schnell überall montieren. Schaltet man dann den Ausgang der Regler kurz, verbraten sie alle Eingangsleistung in Wärme und geben diese an ihrer Kupferkühlfahne ab. Intern werden sie bei 150° abgeschaltet und regeln sich so selbst.

Schaltungen:

Die Schaltpläne enthalten die einzelnen Bauteile-Bezeichnungen, Zusatzangaben zu den Schaltungen und Hinweise hier im Text zusammengefasst.

Allgemein:

Alle Schaltungen sollten möglichst so aufgebaut werden, dass die Bauteile liegend auf der Platine angeordnet sind, daher besser axiale statt radiale Kondensatoren, liegende Potis... alles was „hochsteht“

bedeutet Hebelarm für die Schwingungen die immer im Fahrzeugbetrieb vorkommen und angeblich besonders bei hubraumstarken Glühköpfen /Dieselmotoren. Baut man die Schaltungen gezwungenermaßen sehr kompakt auf und damit auch mit „hochstehenden„ Bauteilen empfiehlt es sich immer (aber auch bei liegender Montage empfehlenswert) nach!!! einem erfolgreichen Funktionstest die Schaltung in Kunstharz zu vergießen. Alternativ kann man auch speziellen Sprühkunststoff auftragen. Das dämpft erstens die Vibrationen, befestigt die Bauteile sicher und schützt vor Feuchtigkeit und Korrosion an den Kupferbahnen.

Drehstrom-DC-Regler:

Für das Potentiometer P1 mit dem man die Ladespannung einstellt wählt man am besten einen 10Gang Spindeltrimmer liegend. Das hat zum einen den Vorteil dass man sehr fein einstellen kann und sich der Trimmer nicht so leicht selbst verstellt. Zum anderen ist ein liegendes Bauteil nicht so ausfallgefährdet (s.o.) Der Endstufentransistor benötigt einen Kühlkörper. Größe je nach dem zu schaltenden Erregerstrom, bei kleinen DC-Limas reicht auch ein kleiner Kühlkörper aus. Einfach mal nur die Erregerwicklung kurz an die Betriebsspannung hängen und den Strom messen um zu wissen wie hoch der Strom durch den Transistor denn nun wirklich ist.

Wenn man möchte kann man auch beim Poti nach finden der richtigen Einstellung (Widerstandswertes) einen festen Widerstand derselben Größe einlöten. Für Sommer/Winterbetrieb kann man auch 2 Potis bzw 2 Widerstände per Schalter von außen umschaltbar anbringen und so zwischen 13,8 V Sommer- und 14, 2 V Winterbetrieb bzw sinngemäß bei 6/24V umschalten. Aber auch hier gilt je mehr Teile desto mehr Komfort aber auch anfälliger. Ich selbst bevorzuge daher KISS = keep it stupid simpel wie es auf neudenglisch so schön heißt.

DC-Zusatz „Rückstromschalter:

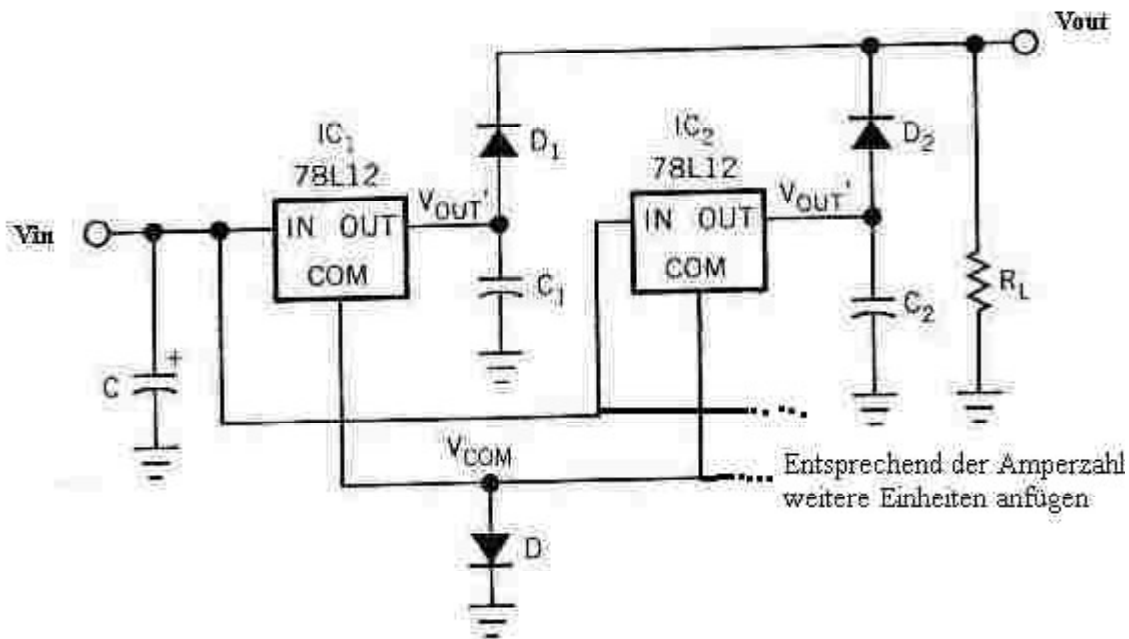
Als Rückstromschalter eignen sich alle Dioden die eine Spannung von min über 100 V und die entsprechende Strombelastbarkeit aufweisen. Die Spannungsfestigkeit ist wichtig, da im Betrieb durch Spulen an Anlasser, Relais.. wenn die abgeschaltet werden hohe Induktions-Spannungsspitzen auftreten können. Ist die Spannungsfestigkeit der Diode zu klein schlägt sie durch => Exitus. Daher hier lieber etwas zuviel als zu wenig und zusätzlich noch einen „Spannungsbegrenzung„ einen sogenannten Varistor (Wikipedia) einfügen, der schließt hohe Spannungsspitzen dann zuverlässig kurz.

Bei der Stromstärke sollte man sich am Leistungsmaximum der DC-Lima orientieren und rund 50% Zuschlag geben. Grund ist dass wir ja eine Schmelzsicherung als Überstrom„regler„ einfügen. Schmelzsicherungen träge (so wie bei Kfz üblich) brennen aber nicht bei Nennstrom sofort durch sondern erlauben wegen der Aufheizzeit des Schmelzdrahtes durchaus kurzzeitig erheblich höhere Ströme bevor sie durchbrennen. Dioden dagegen sind hier empfindlicher daher auch hier auf Nummer sicher gehen. Auch die Diode(n) müssen auf Kühlkörper montiert werden, einfachste Lösung, ausbauen der Dioden aus einer alten Drehstromlima vom Schrottplatz.

Schwunglicht„regler„:

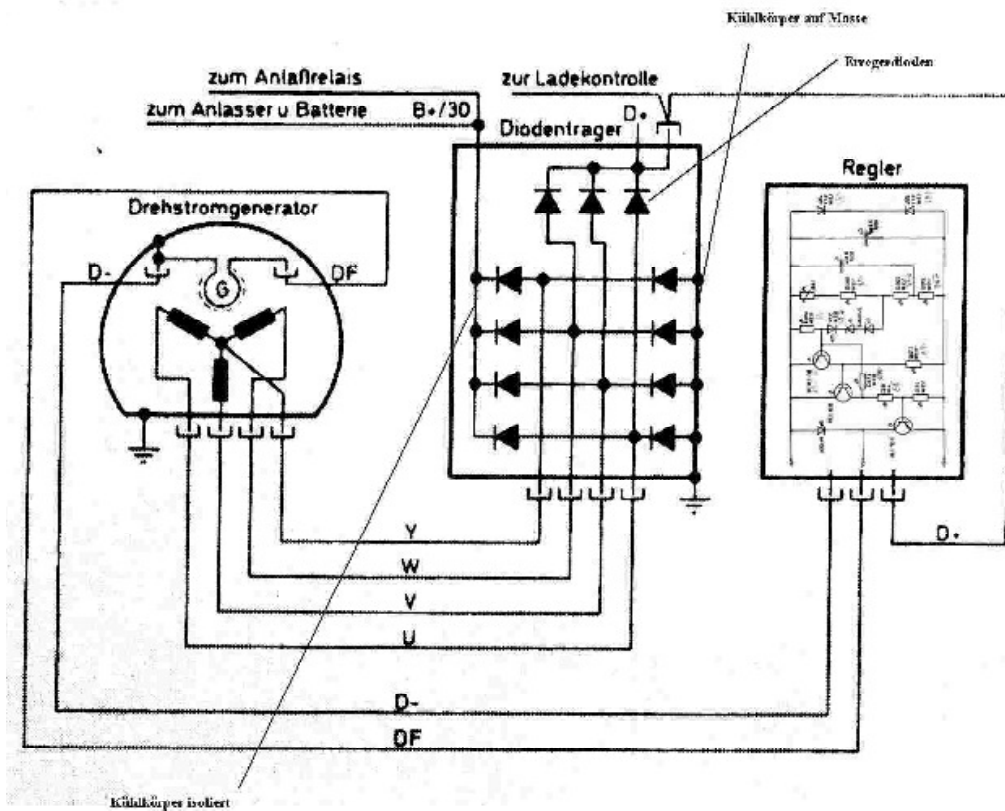
Die Spannungsregler wählt man je nach der gewünschten Regelspannung aus. 12 V Typen heißen 7812, 6V entspricht 7806 und 24V 7824..... Zusätze aus Buchsben wie 78L oder 78S... geben dann weitere Eigenschaften an, haben aber nix mit der Spannung zu tun. Die eigentlichen Bauteile müssen!! auf einen entsprechend!!! dimensionierten Kühlkörper montiert werden, da sie ja im Extremfall fast alle Leistung der Lima in Wärme umsetzen müssen. Als Dioden eignet sich die Allerweltstype 1N4007, die Kondensatoren sollten ausreichende Spannungsfestigkeit aufweisen also 63V Standardelkos wählen um auch bis 24 V noch Reserven zu haben. C am Eingang hat 47000 µF und die C1-Cxy je einzeltem Reglerbauteil dann 4700µF. Möchte man Platz sparen kann man auch Kompaktkühlkörper wählen und einen kleinen (CPU/PC)-Kühlventilator draufsetzen. Aber auch hier gilt wieder KISS, steht der Lüfter...=>Exitus, dass ein solider Kühlkörper „wegrostet„ ist dgegen eher unwahrscheinlich. Da manche Anwendungen aber Platzprobleme mit sich bringen, kann so ein Minilüfter durchaus auch mal angebracht sein.

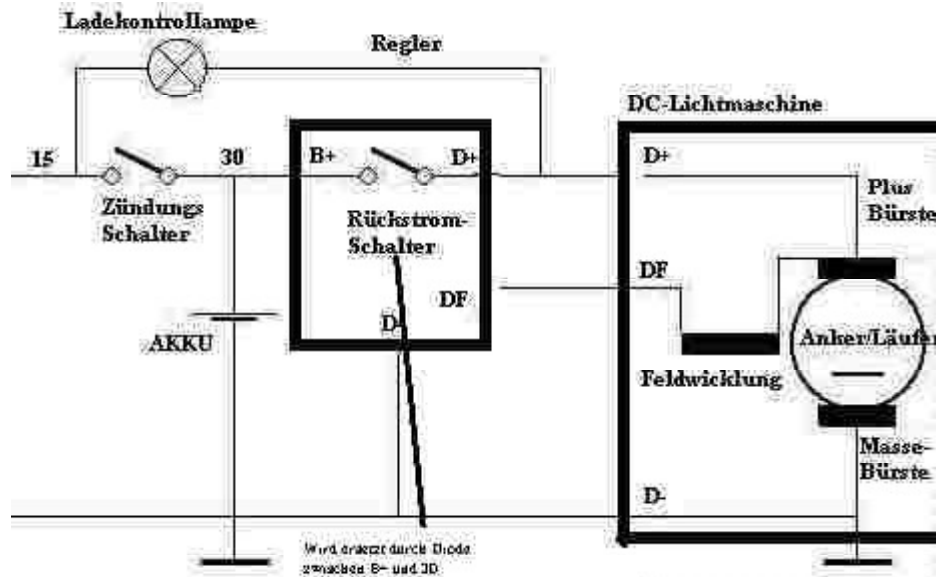
Nach dem selben Konzept lassen sich auch Ladegeräte bauen, Trafo, Gleich-richtet-er und Glättungskondensator, dann so eine Schaltung wie oben auf die Ladespannung für 6/12/24V ausgelegt wie eben der Regler. Am Ausgang kommt so immer maxial eine Spannung die der Bleiakku gut verträgt. Da ist besonders gut für die Nachrüstung von einfachen unregelmäßig geladenen Ladegeräten geeignet, die Schaltung kommt zwischen Ladegerät und Akku. Da simpel gebaut und Einzelteile nicht teuer spart das Geld.



Anschlussschemata:

Zum Abschluß noch die Anschlussschemata der DC- und Drehstromlima damit auch der Laie sich da schnell reinfinden kann. Zumindest bei DC-Limas aber sind die Kabel dank Kohlebürstenabrieb auch in der Praxis tatsächlich so schwarz wie auf dem Schaubild. Ein vorheriges reinigen empfiehlt sich daher immer. Etwas Elektro-Isolierlack nach der Reinigung auf getrockneten! Spulen und Kabel gepinselt schließt eventuelle Alterungsrisse, schließt Feuchtigkeit aus und verlängert die Lebensdauer ungemein.





Die Klemmenbezeichnungen für den Regler und daher auch an den Limas sind identisch, nur das Funktionsprinzip intern ist anders (s.o.) es sollte also keine Anschlußprobleme geben.

Das Allerletzte:

So ich hoffe, dass die kleine Zusammenfassung für Einige hilfreiche Tipps bietet.

Sollte sich doch der eine oder andere Fehler bis zum Schluß durchgemogelt haben bin ich für Hinweise dankbar. Aus rechtlichen Gründen wie immer heutzutage leider nötig: Ich übernehme keine Gewährleistung, Haftung oder sonstige Garantie für die beschriebenen Schaltungen. Allein schon aus dem Grund unmöglich, da ja jeder in Eigenverantwortung hoffentlich mehr als weniger sorgfältig arbeitet und ich darauf ja keinerlei Einfluß habe.

Private Nutzung des Textes ist OK, wer den Text oder Teile davon für seine WWW Seite... weiterverwenden möchte bitte mit Nennung des Autors.

Andreas Zeiff, Email: gp_andreas@web.de