



Universal- Entstörfilter EF540

Die preiswerte universelle Filterschaltung EF540 unterdrückt die von Modellbau-Motoren erzeugten elektromagnetischen Störungen. Eine Beeinflussung von empfindlichen elektronischen Schaltungen, wie z. B. der Fernsteueranlage und des Fahrtreglers im Modellbaubereich, wird so verhindert und die Betriebssicherheit des Modells wesentlich erhöht.

Allgemeines

Fast alle Elektromotoren erzeugen aufgrund ihres Aufbaus ein sehr dichtes und breitbandiges elektromagnetisches Störpektrum. Diese Störungen breiten sich nicht nur leitungsgeführt auf den Anschlußleitungen des Motors aus, sondern auch die Abstrahlung elektromagnetischer Störgrößen im Funkfeld ist nicht unerheblich. Die hier vorgestellte Filterschaltung, die diese Störphänomene vermindert, wurde speziell für die vor allem im Modellbausektor

sehr verbreitete Motorbauform der 540er-Bauart entwickelt.

Die Abstrahlung elektromagnetischer Störgrößen im Funkfeld einiger Motortypen erzeugen Störpegel von über 70 dB μ V/m in 3 m Meßentfernung. Diese extrem hohen Pegel würden, wenn sie z. B. bei informationstechnischen Einrichtungen auftreten, dafür sorgen, daß diese Geräte die gesetzlich vorgeschriebene EMV-Prüfung aufgrund der hohen Störaussendungen nicht bestehen. Dieser Störpegel von 70dB μ V/m liegt um 40dB (entspricht 100fache Feldstärke) über dem dort zulässigen Grenz-

wert, der z. B. auch für PCs gilt.

Um die Wirkung der Filterschaltung besser nachvollziehen zu können, wollen wir zunächst die bei einem nicht entstörten



Modellbau-Motor mit angeflanschem Entstörfilter EF540

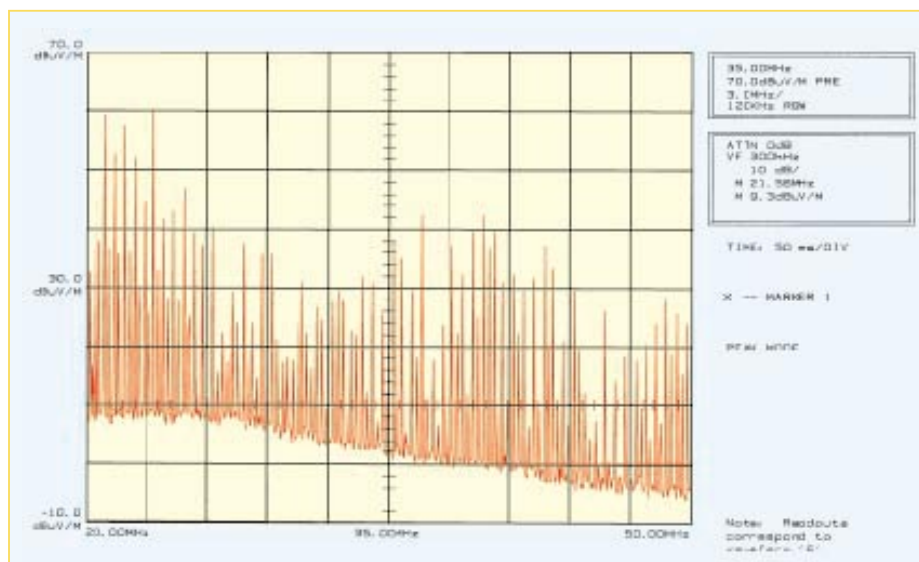


Bild 1 : Störaussendungen im Funkfeld (Motor ohne Entstörfilter)

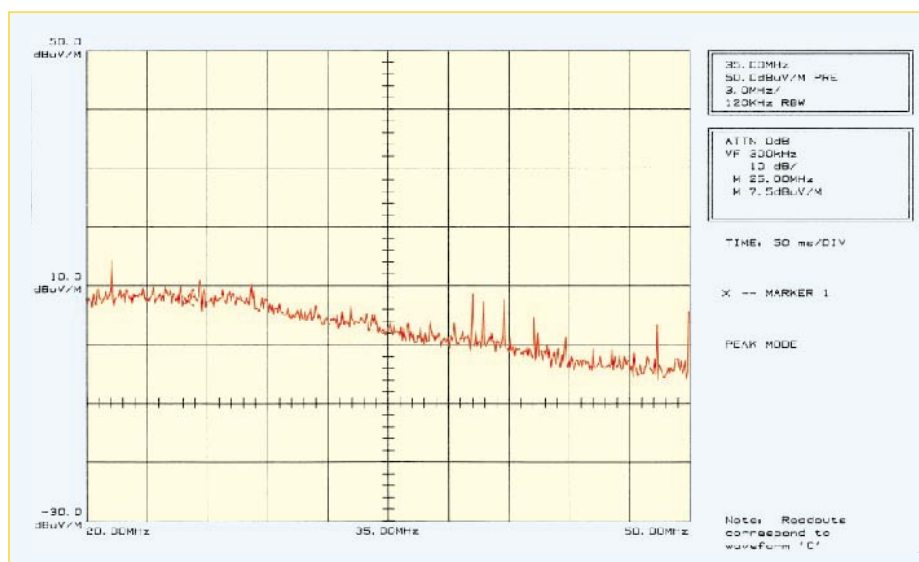


Bild 2 : Störaussendungen im Funkfeld (Motor mit Entstörfilter)

Motor auftretenden Störphänomene kurz näher betrachten.

Die von einem solchen Motor ausgehenden Störungen im Funkfeld sind sehr breitbandig und in Frequenz und Amplitude nicht konstant. Sie reichen von einigen MHz bis in den GHz-Bereich. Dies hat zur Folge, daß Signal- und Datenübertragungen fast aller Funkdienste in diesem Bereich beeinträchtigt werden.

Da die Störpegel mit steigendem Abstand von der Störquelle Motor schnell abfallen und auch nicht in der Frequenz konstant sind, werden die Auswirkungen dieser Störungen im allgemeinen kaum bemerkt (kurzzeitige Störstreifen im Fernsehbild usw.). In Anwendungen, in denen ein Funksender bzw. Empfänger in unmittelbarer Nähe eines solchen störenden Elektromotors betrieben wird, müssen entsprechende Entstörmaßnahmen am Motor getroffen werden, um eine einwandfreie Si-

gnal-/Datenübertragung gewährleisten zu können.

Ein großes Anwendungsgebiet, in dem diese Konstellation auftritt, ist der Modellbaubereich. Hier findet man bei Elektromodellen extreme Bedingungen vor: Aufgrund der kompakten Abmessungen eines Modells und des begrenzten Einbauvolumens für die Steuerungskomponenten ist der Fernsteuerempfänger meist in unmittelbarer Nähe des Antriebsmotors positioniert.

Beim praktischen Einsatz eines nicht entstörten Motors kann es dann dazu kommen, daß die hochempfindliche HF-Eingangsstufe des Empfängers durch die Störaussendungen des Motors übersteuert wird, d. h. er wird „dicht gemacht“, und eine kontrollierte Steuerung des Modells ist nicht mehr möglich. In einem solchen Fall hält sich der „Schaden“ in der Regel noch in Grenzen, da ein vollständiger Bedienungs- ausfall sofort bemerkt wird.

Technische Daten

max. Eingangsspannung/	
Motorspannung	40 V
max. Dauerlaststrom	8 A
max. kurzzeitiger	
Spitzenlaststrom	16 A
Gleichstromwiderstand	10 mΩ
Platinenabmessungen	35 x 35 mm (achteckig)
Gewicht	ca.11 g

Schwerwiegendere Folgen treten auf, wenn es aufgrund des nicht konstanten Störspektrums nur zu kurzzeitigen Aussetzern in der Steuerung des Modells kommt. Dies kann dazu führen, daß z. B. ein Flugmodell abstürzt, da wichtige Kommandos gar nicht oder nur verzögert am Modell eintreffen. Vor allem aufgrund solcher sporadisch auftretenden und schwer zu lokalisierenden Störungen mit den weitreichenden Auswirkungen ist eine wirksame Entstörung eines eingesetzten Elektromotors besonders wichtig.

Modellbau-Elektromotoren werden im allgemeinen auf hohe Leistungsabgabe in Verbindung mit einem großen Wirkungsgrad bei geringst möglichem Preis optimiert. Die Störeigenschaften eines solchen Hochleistungsmotors, aber auch von Motoren einfacherer Bauart, werden häufig nicht ausreichend beachtet.

Einige Motoren besitzen zwar werksseitige „Entstörmaßnahmen“, meist in Form von einigen angelöteten Keramikkondensatoren, diese Maßnahmen haben aber nur eine geringe Wirkung, da die Störquelle Motor zu niederohmig ist, um hiermit eine ausreichende Filterwirkung zu erzielen.

Die hier vorgestellte kompakte Entstörfilterschaltung sorgt durch ihre zusätzlichen Induktivitäten für eine definierte Wirkung und gute Unterdrückung der vom Motor emittierten Störungen.

Der Ausbreitungsweg der Störungen im „niedrigen“ Frequenzbereich bis ca. 100 MHz ist hauptsächlich die Abstrahlung der Störgrößen über die Motorzuleitungen. Hier wirkt die Filtereigenschaft der Entstörfilterschaltung. Im Frequenzbereich oberhalb 100 MHz werden die Störungen zum größten Teil direkt abgestrahlt. Hier hilft üblicherweise nur die Abschirmung des gesamten Motors.

Der Schwachpunkt der „natürlichen“ Motorschirmung (Motorgehäuse) ist die hintere Motorabdeckung, welche auch die Anschlußfahnen des Motors trägt. Die wirksamste Bedämpfung dieser abgestrahlten Störkomponenten erreicht man hier mit einer zusätzlichen Abschirmung aus min. 1 mm Weißblech. Da sich eine solche zusätzliche Abschirmung meist nur unter erheblichem Aufwand befestigen läßt, ha-

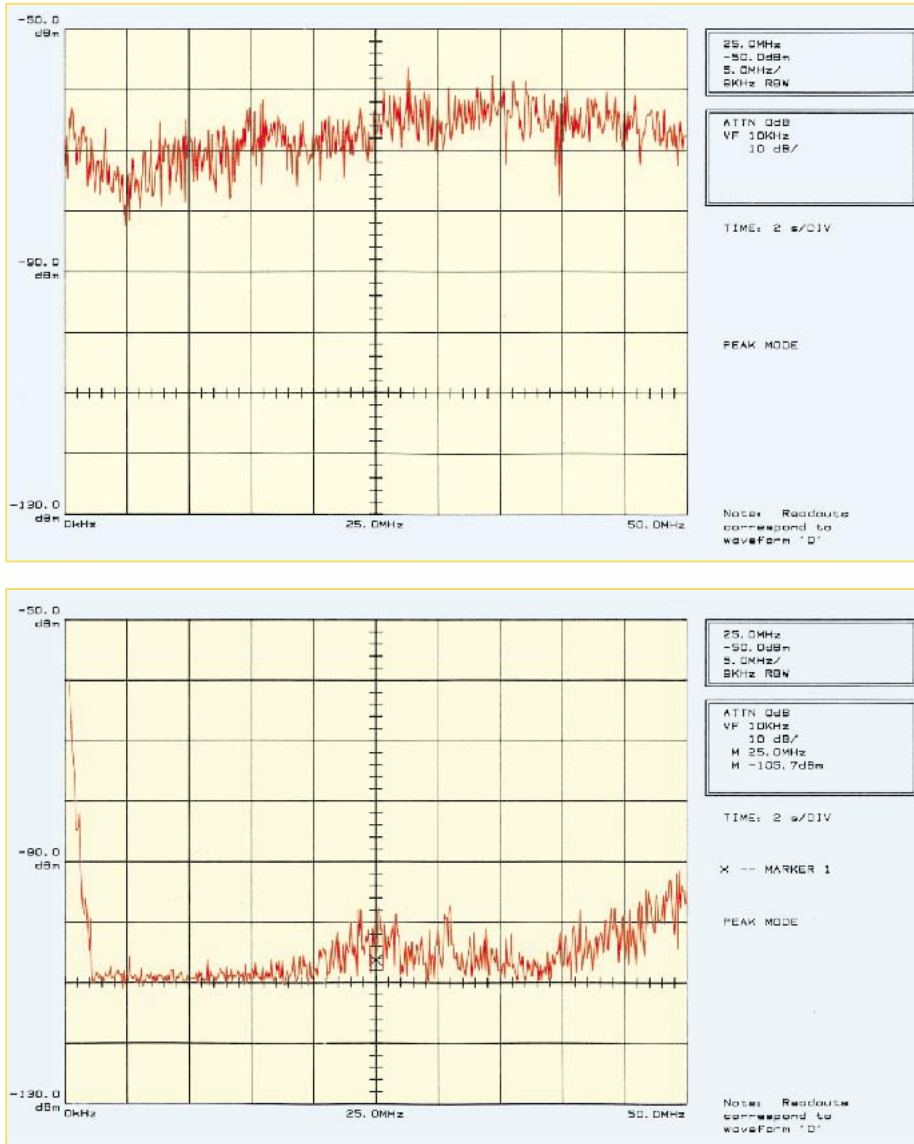


Bild 3: Leitungsgeführte Störungen (oberer Graph: Motor ohne Filter, unterer Graph: Motor mit Filter)

ben wir auf diese Maßnahme verzichtet und statt dessen den Aufbau unserer Filterschaltung so ausgelegt, daß auch die Abstrahlung oberhalb 100 MHz noch wirksam bedämpft wird.

Für eine gute Abschirmeigenschaft ist es notwendig, die schirmende Entstörfilterschaltung so nah wie möglich an den Motoranschlüssen zu platzieren. Das für die weit verbreiteten Motoren der 540er-Bauform optimierte Platinendesign und die spezielle Anordnung der Bauelemente ermöglichen ein direktes Anflanschen an die Motoranschlüsse und verbessern so zusätzlich die guten Störunterdrückungseigenschaften des Filters.

Neben den abgestrahlten Störkomponenten ist auch die Wirkung der Störungen, die sich auf den Anschlußleitungen des Motors ausbreiten, nicht zu unterschätzen. Diese können, da die Motoren zur Regelung meist direkt von einer entsprechenden Elektronik, z. B. einem elektronischen Fahrt-

regler, angesteuert werden, dafür sorgen, daß die Funktion der Elektronik gestört wird. So kann es z. B. auftreten, daß der Fahrtregler seine Steuersignale falsch interpretiert und den Motor dann mit diesen Fehlinformationen steuert. (z. B. „max. Vorwärts“ anstatt „Stop“).

Wie hier kurz aufgezeigt wurde, ist eine wirksame Entstörung eines Elektromotors unumgänglich, um die abgestrahlten und die leitungsgeführten Störungen eines Elektromotors zu minimieren.

Aber nicht nur im Modellbausektor ist eine Entstörung von Motoren notwendig, sondern auch wenn im Rahmen von EMV-Prüfungen Störaussendungen auftreten, die nachweislich von Elektromotoren verursacht werden, muß eine wirksame Entstörung vorgenommen werden.

Für diese Anwendungsbereiche haben wir die Entstörfilterschaltung entwickelt, deren Funktion wir im folgenden darlegen wollen.

Filterwirkung

Für die meisten Anwendungen, vor allem zur Modellbau-Motorentstörung, ist nur der Frequenzbereich bis 100 MHz interessant. Die Wirkung in diesem Frequenzbereich, in dem auch alle Modellbau-Fernsteueranlagen arbeiten, wurde näher untersucht.

In Abbildung 1 ist die Abstrahlung im Funkfeld in 3 m Meßentfernung im Frequenzbereich 20 MHz bis 50 MHz eines typischen Modellbau-Motors der 540er-Bauart ohne jegliche Entstörmaßnahmen dargestellt. Hier sind die sehr hohen Störspikes zu erkennen, die auch in den Modellbau-Frequenzbändern bei 27 MHz, 35 MHz und 40 MHz mit hohen Pegeln auftreten und so wichtige Steuerfunktionen stören können.

Die Wirkung des Filters ist durch den Vergleich mit Abbildung 2 zu erkennen, wobei die unterschiedliche Skalierung zu beachten ist. Hier wurde derselbe Motor jedoch mit angeflanschem Entstörfilter, unter gleichen Bedingungen betrieben. Es sind nur noch kleinere „Peaks“ zu erkennen. Die erreichte Dämpfung der Störungen in diesen Frequenzbereich beträgt ca. 50dB (Faktor 1/316).

Die sich direkt auf den Anschlußleitungen ausbreitenden Störungen sind in Abbildung 3 dargestellt. Die obere Kurve zeigt den Verlauf der leitungsgeführten Störungen für den Motor ohne Entstörkomponenten, während die untere Grafik die Messung des Motors mit angebaute Entstörfilter darstellt. Auch hier ist die Wirksamkeit des Filters mit einer Dämpfung von ca. 20 dB gut zu erkennen.

Schaltung

Die universell einsetzbare Filterschaltung für Elektromotoren ist in Abbildung 4 dargestellt. Dieses Filter stellt eine abgewandelte Form eines Netzentstörfilters dar, wobei auch hier die verschiedenen Bauteile für unterschiedliche Störanteile wirksam werden.

Die Drosselspulen L 1 und L 2, die als

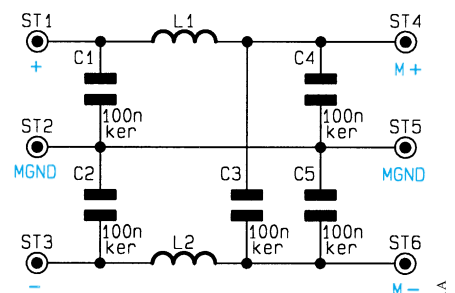


Bild 4 : Schaltbild des Entstörfilters

974181501A

Stückliste: Entstörfilter für Modellbau

Kondensatoren:

100nF/ker C1-C5

Sonstiges:

Lötstifte mit Lötöse ST1,
..... ST3, ST4, ST6
70cm Kupferlackdraht,
1 mm Ø L1,L2
6 cm Schaltdraht, blank, versilbert

gewickelte Luftspulen ausgeführt sind, wirken sowohl für die symmetrischen als auch für die asymmetrischen Störgrößen. In der hier gewählten Ausführung ergibt sich eine Induktivität von ca. 0,48 µH. Auf einen Ferritkern, der den Induktivitätswert erheblich vergrößert hätte, wurde verzichtet, um zu verhindern, daß der Kern bei sehr hohen Lastströmen in die Sättigung gerät.

Die vom Motor emittierten symmetrischen Störgrößen werden von C 3 und der dann wirksamen Reihenschaltung von C 4 und C 5 geblockt. Das nachfolgende Filter aus L 1, L 2 und der Reihenschaltung C 1, C 2 sorgt für eine weitere Dämpfungswirkung.

Für die asymmetrischen Störungen arbeitet der Kondensator C 4 für den „M+“-Anschluß bzw. C 5 für den „M-“-Anschluß als Blockung. Weiterhin bilden dann L 1 und C 1, bzw. L 2 und C 2 ein Filter zur Unterdrückung der Störaussendungen. Diese Filter arbeiten gegen das Motorgehäuse (MGND) und ermöglichen nur so eine wirksame Filterung.

Die abgestrahlten Störgrößen oberhalb

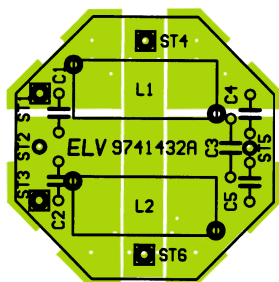


Bild 5 :
Fertig
aufgebaute
Platine mit
zugehörig-
em
Bestück-
ungsplan

100 MHz werden hauptsächlich durch den Aufbau des Filters unterdrückt, dem hier somit ein wesentlicher Teil der Funktion zukommt.

Nachbau

Die Abschirmfunktion des Filters ist nur durch einen entsprechenden Aufbau wirksam zu realisieren. Daher ist die Platine des

Sind die 16,5 Windungen aufgebracht, sollte an Anfang und Ende der Spule noch ca. 5 mm Drahtlänge hinzugegeben werden, die sorgfältig vom Isolierlack zu befreien sind, damit die Spule später einwandfrei angelötet werden kann. Sind die beiden Spulen entsprechend fertiggestellt, folgt der eigentliche Aufbau.

Dabei werden zuerst die Lötstifte „M+“ und „M-“ auf der Lötseite (!) bestückt und sorgfältig verlötet. Anschließend können die übrigen Bauteile wie gewohnt auf der Bestückungsseite eingesetzt werden, wobei der Kondensator C 3 durch das Auseinanderbiegen der Anschlußbeine auf das aus layout-technischen Gründen erweiterte Rastermaß anzupassen ist. Die Verbindung zum Motorgehäuse über die Anschlüsse „MGND“ wird mit zwei 30 mm langen Silberdrahtstücken hergestellt. Diese sind von der Lötseite soweit durch die entsprechenden Bohrungen zu stecken, daß das Drahtende mit der Oberseite der Platine (Bestückungsseite) bündig abschließt. Anschließend folgt das Verlöten auf der Lötseite.

Da die Filterschaltung so ausgelegt ist, daß auch Hochleistungsmotoren mit hoher Stromaufnahme (bis zu 8 A Dauerstrom) betreibbar sind, ist zur Vermeidung späterer Ausfälle unbedingt auf einwandfreie Lötungen zu achten.

Ist das Entstörfilter fertig bestückt, kann

Diese speziell für die Motoren der 540er-Bauform entwickelte Entstörfilter-Schaltung sorgt für eine wirksame Unterdrückung der emittierten elektromagnetischen Störungen.

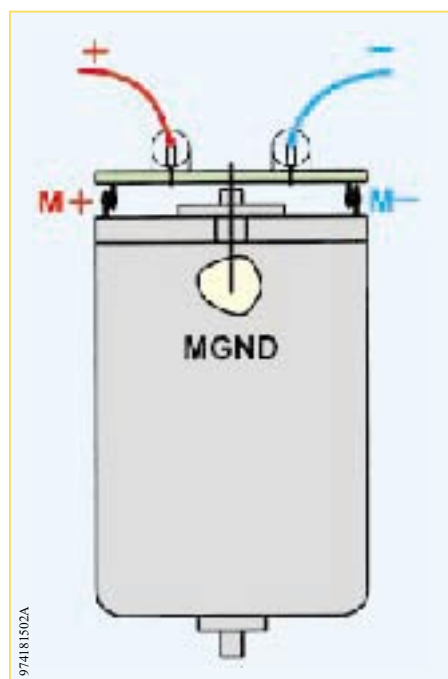


Bild 6: Montagezeichnung für das Entstörfilter

Entstörfilters so ausgelegt, daß sie direkt von hinten auf den Motoranschlüssen befestigt werden kann. Um den beengten Platzverhältnissen im Modellbaubereich Rechnung zu tragen, ist die Platinengröße den Abmessungen der Motoren der 540er-Baureihe angepaßt. Alle Bauteile finden auf der in Abbildung 5 (Originalgröße) dargestellten 35 x 35 mm messenden achteckigen Platine Platz. Die Bestückung der Platine wird anhand des Schaltbildes und des Bestückungsplanes durchgeführt.

Im ersten Schritt werden die Drosselspulen L 1 und L 2 angefertigt. Dazu wird ein Kupferlackdraht mit einem Durchmesser von 1 mm auf den Schaft eines 5 mm Bohrers gewickelt. Es werden 16,5 Windungen aufgebracht, die alle dicht an dicht liegen müssen. Somit ergibt sich eine Spulenlänge von ca. 18 mm, für die auch das Rastermaß auf der Platine ausgelegt ist.

die Platine an den zu entstörenden Motor angebaut werden, wie es in Abbildung 6 skizzenhaft dargestellt ist.

Das Entstörfilter wird so von hinten an den Motor angesetzt, daß die Anschlußfahnen des Motors direkt an den Lötstiften „M+“ und „M-“ anliegen. Diese werden dann sorgfältig zusammengelötet. Weiterhin sind die Silberdrahtenden der Anschlüsse „MGND“ an das Motorgehäuse anzulöten.

Nachdem die Betriebsspannungszuführung des Motors an die Lötstifte mit Öse „+“ und „-“ angelötet ist, kann der Einbau des Motors erfolgen. Die Befestigungsmöglichkeiten des Motors werden durch die spezielle Bauform der kompakten Filterplatine nicht beeinträchtigt. So ist diese Filterschaltung gut geeignet, um auch unter beengten Platzverhältnissen eine wirksame Entstörung eines Elektromotors zu erreichen.

ELV