



Technische Daten

Tonabnehmersystem
 Übertragungsbereich: 20...40 000 Hz
 Übersprechdämpfung bei 1 kHz: 33 dB
 Übertragungsfaktor: 14,5 mVs/cm
 Übertragungsfaktor hinter dem Vorverstärker: 40 mVs/cm
 effektive Masse: 0,3 mg
 Nadelnachgiebigkeit: 30×10^{-6} cm/dyn
 vertikal und horizontal
 Mindestauflagekraft: etwa 0,5 p
 Nadelspitzenhalbmesser:
 20,3 μ m und 7,6 μ m

Plattenspielerantrieb

Drehzahlen: $33\frac{1}{3}$, 45 U/min
 Motor: bürstenloser Gleichstrommotor
 Plattenteller:
 Zinkspritzguß, Gewicht 1,5 kg
 Gleichlaufschwankungen nach DIN:
 $\leq 0,08\%$
 Rumpel-Geräuschspannungsabstand:
 > 55 dB
 Tonarm: Leichtmetallrohrtonarm
 Abmessungen:
 414 mm \times 324 mm \times 140 mm

Auf der HIFI 68 stellte Toshiba zum erstenmal in Europa den neuentwickelten Plattenspieler „SR-50“ aus, der sich sowohl durch sein neuartiges Tonabnehmersystem als auch durch die elektronische Antriebsregelung recht erheblich von anderen Konstruktionen unterscheidet.

Das photoelektronische Tonabnehmersystem, das auch separat unter der Bezeichnung „C-100 P“ geliefert wird, dürfte die interessanteste Neuheit dieses Plattenspielers darstellen und soll hier zuerst besprochen werden.

1. Abtastsystem

Das System ist in einer Kugel von 26 mm Durchmesser untergebracht und wird mit einer nach EIA genormten Kupplung an den Tonarm geschraubt (Bild 1). Die Größe der Kugel ist durch die notwendige Wärmeabfuhr der in ihr enthaltenen Glühlampe bestimmt. Neben der Lampe, deren Licht durch einen Spiegel konzentriert wird, enthält die Kugel den eigentlichen auswechselbaren Wandlermechanismus und zwei Phototransistoren.

Der Wandlermechanismus besteht aus einem feststehenden Schirm, der in den Bildern 2 und 3 erkennbar ist. Er trägt zwei unter 45° geneigte Spalte, die teilweise von dem mit dem Nadelträger

Dipl.-Ing. Peter Pohl, Ingenieurbüro, ist Mitarbeiter des Toshiba-Vertriebs, Düsseldorf.

P. POHL

Plattenspieler mit photoelektronischem Tonabnehmersystem

verbundenen Schatter verdeckt werden. Die zu den Schlitzen des Schirmes parallelen Kanten des Schatters decken diese Öffnungen abhängig von der Stellung der Nadel mehr oder weniger stark ab. Durch die Spalte erfolgt, wie es im Bild 3 zu sehen ist, die Steuerung des Lichtstromes von der Lampe auf die beiden Phototransistoren. Da

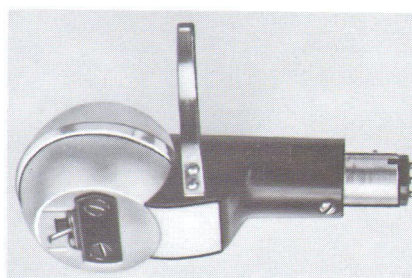


Bild 1. Tonabnehmersystem „C-100 P“



Bild 2. Wandlermechanismus mit Nadel, Nadelträger, Schirm und Schatter

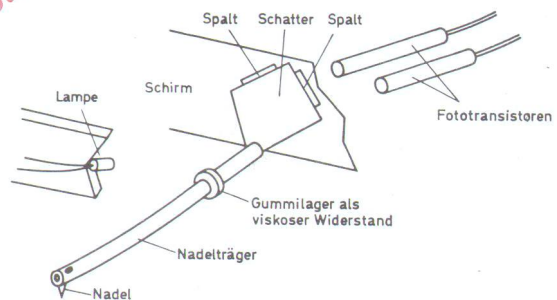


Bild 3. Prinzipdarstellung des photoelektronischen Wandlers

die Transistoren mit einer stark bündelnden Optik versehen sind, ist nur der durch den zugehörigen Schlitz fallende Lichtstrom zur Beeinflussung des jeweiligen Kollektor-Emitter-Stroms wirksam. Die Kanaltrennung erfolgt dadurch, daß die Öffnungen unter 45° geneigt sind. Eine Breitenänderung der Spalte erfolgt nur, wenn sich die Nadelbewegung in eine zum Schlitz senkrechte Komponente zerlegen läßt.

Die Stromversorgung der Kleinstglühlampe erfolgt über zwei Kontakte der Kupplung. Sowohl der Netzteil für die Gleichspannung der Glühlampe als auch ein spezieller Entzerrervorverstärker befinden sich unter dem Chassis des Plattenspielers. Eine gute Abdichtung des Systems gegen Fremdlichtbeeinflussung wurde dadurch erreicht, daß das im Bild 3 gezeigte Wandlermechanismus mit der Nadel fest verbunden ist und wie ein Deckel von unten her in die Kugel eingeschraubt wird. Mit der Nadel werden also zugleich auch Schirm und Schatter ausgetauscht.

Um die sich aus der neuartigen Konstruktion ergebenden Vorteile zu erkennen, betrachte man zunächst das Ersatzschaltbild eines Tonabnehmer-

systems. In diesem Schema werden mechanische Größen durch elektrische dargestellt, das heißt, die Schnelle der Schallplatte wird durch einen Strom aus einer Konstantstromquelle, die Massen werden durch Induktivitäten und die Federkräfte durch Kapazitäten dargestellt (Bild 4). Berücksichtigt man, daß F_N und M_N sehr klein gegen C bzw. M_T sind, so lassen sich folgende Überlegungen anstellen:

Für die tiefen Frequenzen ist nur der aus C und M_T gebildete Schwingkreis wirksam. Die Resonanzfrequenz dieses Kreises begrenzt den Übertragungsbereich nach unten. Der Resonanzpunkt selbst kann unter bestimmten Bedingungen zu einer unerwünschten Verstärkung des Plattenspielerumpfels führen. Daraus ergibt sich die Forderung, diese Frequenz möglichst tief zu legen, das heißt, die Nadelnachgiebigkeit muß hoch sein. Da die Compliance aber auch die zur Auslenkung notwen-

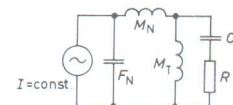


Bild 4. Ersatzschaltung des Tonabnehmersystems; M_N = effektive Masse aus Nadel, Nadelträger und damit verbundenen Wandler-elementen, M_T = Masse von Tonarm und Tonabnehmersystem, F_N = Federung von Nadel und Nadelträger, das RC-Glied steht für Compliance und Reibungswiderstand der Nadeleinspannung; es gilt $F_N \ll C$ und $M_N \ll M_T$

digen Kräfte bestimmt, ist es für eine Abtastung mit niedriger Auflagekraft unerlässlich, eine hohe Nadelnachgiebigkeit, also eine niedrige Impedanz des Kreises zu haben. Aus der Forderung nach niedriger Impedanz kann man dann schließen, daß für hohe Frequenzen (nämlich oberhalb des durch die Reihenresonanz aus C und M_N bestimmten Wertes) nur noch M_N , das heißt die effektive Masse des Systems, für das nötige Auflagegewicht maßgebend ist.

Der obere Übertragungsbereich wird durch die Eigenfrequenz des aus F_N und M_N gebildeten Parallelresonanz-

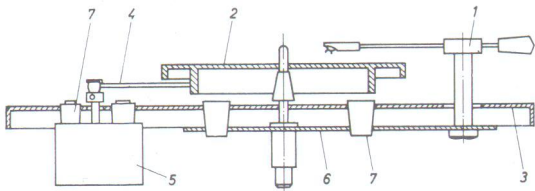


Bild 5. Querschnitt durch das Plattenspielerchassis; 1 Tonarm, 2 Plattenteller, 3 Chassis, 4 Riemen, 5 Motor, 6 Unterchassis, 7 Gummifedern

kreises bestimmt, woraus sich bei dem erwünschten möglichst großen Übertragungsbereich die schon erwähnte Forderung nach niedriger effektiver beweglicher Masse, aber auch nach möglichst hoher Steifigkeit der Nadel und des Nadelträgers ergibt.

Bei den als Generator arbeitenden dynamischen und magnetischen Tonabnehmersystemen wird der Übertragungsfaktor, weil er von der Relativgeschwindigkeit des mit der Nadel verbundenen Wandlerelementes abhängt, von dem Strom durch C bestimmt. Die Forderung nach einem hohen Übertragungsfaktor ist aber auch mit der Notwendigkeit einer großen Masse M_N verbunden. Um eine möglichst geringe Masse zu realisieren, mußte man den Übertragungsfaktor dieser Systeme schließlich auf Werte unter 1 mVs/cm und damit bis zur Grenze der praktischen Möglichkeiten senken.

Hier liegt der Hauptvorteil des photoelektronischen Systems, das nicht mehr als Steuerorgan wirkt. Die effektive Masse wird bei diesem System nur von der nötigen Festigkeit des Nadelträgers und des Schirms bestimmt. Die große Stabilität des Nadelträgers und die kleine effektive Masse von 0,3 mg ergeben für das photoelektronische System eine obere Grenzfrequenz von 40 kHz. Dabei ist der Übertragungsfaktor mit 14,5 mVs/cm fast zwanzigmal höher als der guter magnetischer oder dynamischer Abtaster. Mit dem Vorverstärker beträgt der Übertragungsfaktor 40 mVs/cm, was einer Ausgangsspannung von 200 mV bei 5 cm/s Schnelle entspricht.

Der Übertragungsfaktor des photoelektronischen Systems ist im Bereich 20 Hz bis 10 kHz völlig linear und zeigt bis 20 kHz einen leichten Anstieg um 2 dB. Die Übersprechdämpfung zwischen den Stereo-Kanälen beträgt 33 dB bei 1000 Hz und ist im Bereich von 20 Hz bis 20 kHz an keiner Stelle schlechter als 21 dB. Der Klirrgrad bei 1000 Hz ist 0,65 % und bleibt im gesamten Bereich unter 2 %.

Berücksichtigt man, daß in hochwertigen Hi-Fi-Anlagen die elektromechanischen Wandler den zehnfachen Klirrgrad der Verstärker zum Teil noch übertreffen, so scheint eine Verbesserung dieser Komponenten den größten Erfolg zu versprechen. Hörproben haben gezeigt, daß der relativ niedrige Intermodulationsgrad und die saubere Kanaltrennung des photoelektronischen Systems sich merkbar auf die Durchsichtigkeit insbesondere bei der Wiedergabe vor Orchestermusik auswirken.

2. Laufwerk

Der Antrieb erfolgt über einen Kunststoffriemen direkt vom Motor auf den Plattenteller (Bild 5). Man erkennt, daß der Motor und das Plattentellerlager mit dem Tonarm jeweils durch eine eigene Gummifederbene voneinander getrennt sind. Die Motordrehzahl ist,

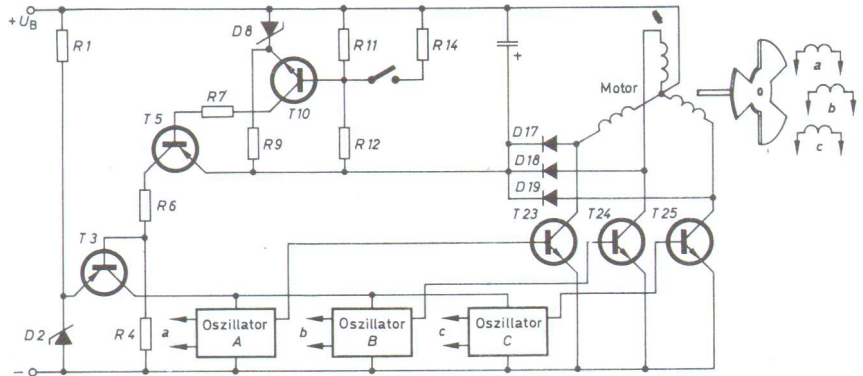
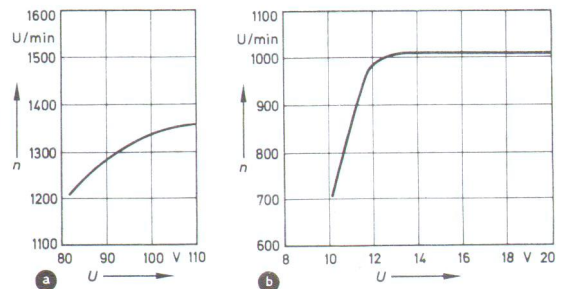


Bild 6. Prinzipschaltung der Motorelektronik

Bild 7. Abhängigkeit der Drehzahl n von der Versorgungsspannung U ; a) für einen vierpoligen Induktionsmotor, und b) für den Antriebsmotor des Plattenspielers „SR-50“



wie schon erwähnt, elektronisch geregelt. Es handelt sich um einen bürstenlosen Gleichstrommotor, dessen Konstruktion einem Dreiphasen-Synchronmotor entspricht, auf dessen Läuferachse zusätzlich ein dreiflügeliges propellerartiges Element aus ferromagnetischem Material montiert ist. Durch die Propellerflügel wird die Induktivität dreier ebenfalls im Motorgehäuse untergebracht Lagedetektorspulen so beeinflusst, daß mindestens jeweils eine Spule eine höhere Induktivität als die anderen hat. Die Spulen gehören zu drei gleichartigen Oszillatoren, die abhängig von der Induktivität der Spule zu schwingen beginnen, wenn sich ein Propellerflügel über der Spule befindet, beziehungsweise ihre Schwingung unterbrechen, wenn kein ferromagnetisches Material mit dem Fluß der Spule verkettet ist. Das sehr plötzliche Ein- und Aussetzen der Oszillatorschwingung wird durch eine Rückkopplungsschaltung erreicht. Die Schwingung eines Oszillators bewirkt die Öffnung des zugehörigen Transistors, der den Ankerstromkreis des Motors schließt. Damit ist, da stets zumindest ein Oszillator schwingt, gewährleistet, daß der Motor selbst anlaufen kann (Bild 6).

Zur Drehzahlregelung wird die induzierte Gegenspannung in den Anker-

wicklungen durch die Dioden $D 17$ bis $D 19$ über den Spannungsteiler $R 11$, $R 12$, $R 14$ an die Basis des Transistors $T 10$ gebracht. Mit Hilfe der Z-Diode $D 8$ erzeugt man eine Referenzspannung an dem Emitter dieses Transistors. Von dieser Referenzspannung und dem Spannungsteiler ($R 14$ dient zur Drehzahlumschaltung) ist abhängig, bei welcher Drehzahl $T 10$ geöffnet wird. Ist der Transistor geöffnet, dann öffnet auch $T 5$, und die Basisspannung von $T 3$ wird gegenüber dem Emitter positiv. Die Stromversorgung der Oszillatoren A ... C und damit des Motors setzt aus. Der Motor läuft langsamer, bis die Gegenspannung auf den der eingestellten Drehzahl entsprechenden Wert absinkt.

Die Vorteile dieses Antriebes gegenüber einem einfachen Gleichstrom- oder Induktionsmotor sind das Einsparen sich abnutzender Bürsten, die ohne mechanisch abnutzbare Teile erfolgende Drehzahlregelung, die Unempfindlichkeit gegen Spannungsschwankungen, die kleine Motormasse, das geringe magnetische Streufeld, das große Anlaufmoment und die geringe Erwärmung. Im Bild 7 ist die Drehzahlabhängigkeit von der Versorgungsspannung bei einem vierpoligen Induktionsmotor und dem Antriebsmotor des „SR-50“ gegenübergestellt.