

Systemansatz zur automatisierten Projektierung und Fertigung von Leiterplatten

Tepnadse, S.A.; Betaneli A.J.; Wepchwadse, D.A.

Die Analyse von Fertigungsvorgängen und der automatisierten Projektierung von Platinen der elektronischen Datenverarbeitungsanlage (EDVA) und Radioapparatur wurde gemäß den Prinzipien des Systemansatzes entsprechend vom Standpunkt des Erreichens der gemeinsamen Optimierung durchgeführt. Das verallgemeinerte Kriterium der Herstellungsoptimierung und der automatisierten Projektierung von Platinen wurde unter Berücksichtigung der Einzelkriterien wie Durchführbarkeit, der Erhöhung der Effektivität der Platinen sowie der Verbesserung der qualitativen Merkmale vorrangig erforscht und festgestellt. Die Notwendigkeit der Bildung von integrierten Systemen in der Herstellung sowie der automatisierten Projektierung und der perspektivischen intellektuellen automatisierten Projektierung von Leiterplatten werden hervorgehoben, sowie konzeptionelle Modelle vorgestellt.

According to systems principles, the analysis of computer-aided design and manufacturing (CAD/CAM) of circuit boards are presented in this work, where the necessity of creating the integrated systems are shown. It's established and suggested rational shape of the summary criterion of optimization of the computer-aided design and manufacturing of circuit boards with register of particular criterion of the optimum. It's underlined the necessity of the create in future the integrated systems of computer-aided design and manufacturing of circuit boards coming from tasks of the increasing of effectiveness and improvement of the quality index of computer-aided design and manufacturing of circuit boards. The conceptual models of perspective intellectual systems of future generations circuit boards of computer-aided design and manufacturing and their construction are offered.

1 Einleitung

Die moderne elektronische Datenverarbeitungsanlage (EDVA) und Radioapparatur ist ohne Verwendung von Leiterplatten undenkbar. Ebenfalls undenkbar ist deren Projektierung und Herstellung ohne Automatisierung von Vorgängen sowie ohne Arbeitsschritte, die anhand von computer aided design (CAD) und computeraided manufacturing

(CAM) durchgeführt werden. Die Automatisierung der Projektierung und der Fertigung der Platinen kann nicht nur die Fertigungsdauer verringern, sondern auch ihre Qualität und Funktionssicherheit steigern. Dabei kann sich der qualifizierte Fachmann aus der nichtschöpferischen, routinemäßigen Arbeit befreien. Dies gibt ihm Gelegenheit, Zeitressourcen frei zu nutzen und sich schöpferisch den Projektierungs- sowie Fertigungsvorgängen zu widmen.

2 Die Platine als komplexes System

Die modernen Konstruktionsarten einer Leiterplatte und ihre fertigungstechnischen Prozesse sind durch die Eigenschaften eines komplexen Systems gekennzeichnet: die Rangordnung (Aufgliederung der Hierarchie) der Struktur, die Wechselwirkung mit der Umwelt, das stochastische Verhalten sowie die Änderung der Zeit (siehe **Bild 1**). Daraus lassen sich Schlüsse hinsichtlich der Entscheidung der Planung, Projektierung sowie der Fertigung ziehen, ebenso über die Möglichkeit und Unabdingbarkeit der Verwendung des gefundenen Systemansatzes.

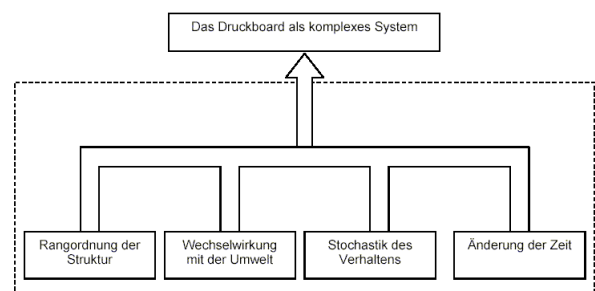


Bild 1: Darstellung einer Platine als komplexes System

3 Systemansatz

Bei gemeinschaftlicher Organisation von Projektierungs- und Fertigungsvorgängen ist der Systemansatz einer der modernsten und methodischsten Prinzipien des Forschens. Das Prinzip besteht nicht nur darin, die in den einzelnen Schritten anfallenden Aufgaben der automatisierten Projektierung (Zusammenstellung, Verteilung, Trassieren, Bildung einer Fotoschablone) und die Aufgaben der automatisierten Fertigung (Bohren, Herstel-

lung, Montage, Kontrolle, Prüfung) in wechselseitiger Verbindung zu absolvieren, sondern auch die wechselseitige Verbindung zwischen dieser Etappen herzustellen. (siehe **Bild 2**)

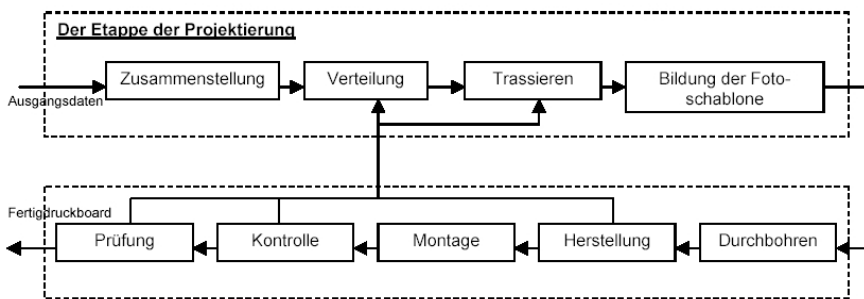


Bild 2: Schema der wechselseitigen Verbindung Herstellung und Projektierung

Soweit die Aufgaben der Projektierung und die Schritte der Fertigung die Optimierungsaufgaben darstellen und unter dem Einfluss der zufälligen Faktoren stehen, beruht der Systemansatz auf Wahrscheinlichkeits-, statistischen und Optimierungsmethoden, deren Anwendung mit einem hohem Rechenaufwand verbunden ist.

Für die Lösung der konkreten Optimierungsaufgabe ist es nötig:

- das Kriterium der Optimierung auszuwählen,
- die mathematischen Formeln der Zielfunktionen aufzustellen,
- die Extremwerte der Zielfunktion zu bestimmen.

Die rationelle Art des verallgemeinerten Kriteriums (des Ganzheitskriteriums) der Optimierung von Projektierung und Fertigung einer Leiterplatte ist aufgrund der statistischen Analyse und der experimentellen Forschungen festgestellt. Dabei sind die Einzelkriterien der Optimierung von konkreten Aufgaben vorgesehen:

$$Q(s) = [K(s), P(s), T(s), F(s), C(s), M(s)] .$$

Hierbei gilt:

S – das Optimierungsobjekt (Platine);
 $Q(s)$ – das verallgemeinerte Kriterium der Optimierung;
 $K(s)$ – das Optimierungskriterium der Aufgabe der Zusammenstellung;

$P(s)$ – das Optimierungskriterium der Verteilungsaufgabe;

$T(s)$ – das Optimierungskriterium der Aufgabe des Trassierens;

$F(s)$ – das Optimierungskriterium der Bildung einer Fotoschablone;

$C(s)$ – das Optimierungskriterium des technologischen Arbeitsganges des Durchbohrens.

$M(s)$ – Optimierungskriterium des technologischen Arbeitsganges der

Montage.

Jedem Kriterium entspricht eine der Zahlen $\mu_i, i = 1, 2, \dots, n$. Sie bezeichnet ihre Wichtigkeit im Vergleich zu den anderen Kriterien. Dies gibt uns Gelegenheit, uns die ergänzende Funktion vorzustellen:

$$Q(s) = \sum_{i=1}^n \mu_i Q_i(s)$$

wobei $\mu_i \geq 0$; $\sum_{i=1}^n \mu_i = 1$

Die bestimmte Formel bietet die Möglichkeit, die Einzelkriterien in einem Ausdruck zu vereinigen. In

$$Q(s) = \mu_1 K(s) + \mu_2 P(s) + \mu_3 T(s) + \mu_4 F(s) + \mu_5 C(s) + \mu_6 M(s).$$

diesem Fall erhalten wir

Die Werte für μ_i (Gewichtskoeffizienten) werden von Experten abgeschätzt.

Die Lösung der gemeinsamen Optimierungsaufgaben von Projektierung und Herstellung der Leiterplatten wird durch die Einführung der verallgemeinerten Optimierungskriterien erreicht, wobei man eine Aufgabe, die viele Kriterien hat, auf skalare Optimierung zurückführt.

Die Verwirklichung der vollen Optimierung ist deshalb aufgrund der großen Anzahl von Einzelkriterien, Variablen und Einschränkungen schwer. Aus diesem Grund ist die angegebene Art des verallgemeinerten Kriteriums eine der annehmbarsten Varianten einer Lösung, was die Ergebnisse der experimentellen Erforschungen und der statistischen Analyse auch hinreichend bewiesen.

Vom Standpunkt der Automatisierung her beschreibt das Verfahren der automatisierten Projektierung und Herstellung von Leiterplatten in der

einheitlichen Verkürzung nicht nur die Vervollkommnung und Entwicklung von einzelnen Funktionen der Systeme der automatisierten Projektierung sowie Fertigung, sondern auch die Schaffung von integrierten Systemen.

4 Das konzeptionelle Strukturmodell des Systems zur automatischen Projektierung einer Platine

Das moderne System der automatisierten Projektierung (CAD) wird durch das Vorhandensein einer Datenbank gekennzeichnet. Die Unterscheidungsmerkmale von ausarbeitenden Systemen sind: das Vorhandensein der Kenntnisse sowie die Verwendung der künstlichen Intelligenz.

In solchen Systemen muss die Basis dazu in der Lage sein, die Bestandteile der intellektuellen Tätigkeit des Menschen zu modellieren. Das Expertensystem muss all diese Kenntnisse und Erfahrung darstellen und nutzen, was in der Projektierung von Leiterplatten gewährleistet wird. Sie muss die optimale Entscheidung aufgrund der Analyse von Regeln treffen. Im Zuge der Analyse werden die einheitlich behandelt.

Das Schema des konzeptionellen Modells der Struktur solcher Systeme ist (siehe **Bild 3**) dargestellt. Die einzelnen Blöcke stellen die Aufgaben der bestimmten Funktionen dar.

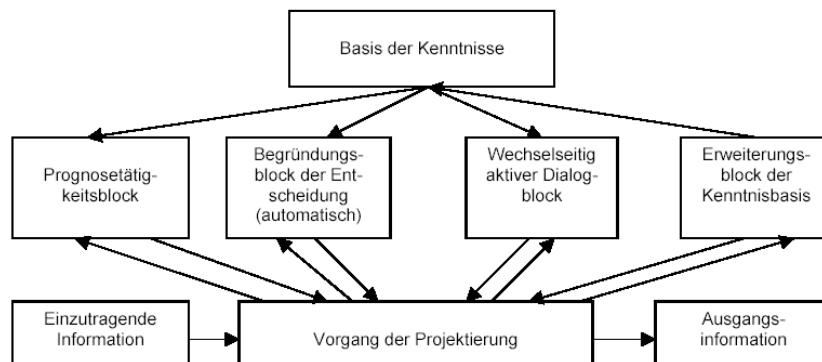


Bild 3 : Schema des konzeptionellen Systems zur intelligenten Projektierung von Leiterplatten

Der Prognosefähigkeitsblock bestimmt die Möglichkeit des positiven Entschlusses aufgrund der bestehenden Information über die zu projektierende Platine, das erforderliche Verzeichnis der auf dem niedrigeren Niveau stehenden Erzeugnisse (integrierte Mikroschaltkreise, Transistoren u.a.), für die Effizienz der Projektierung der Platine. Im Dialogbereich muss der Block der rationalsten Form der Projektierung (z. B. die beidseitige oder mehr-

schichtige Platine) die Projektierungsmethode (automatische, automatisierte) bestimmen. Ebenso werden ähnliche Aufgaben gelöst.

Der Begründungsblock der automatischen Entscheidungen informiert über die Verzweigungspunkte des Projektierungsprozesses, kompromisslose Entscheidungen und Parameter, die die Auswahl der verschiedenen Entscheidungen beeinflussen. Solch eine Information ist für den Nutzer des Systems notwendig, um bei der Analyse des Fortgangs der Projektierung und bei der Entscheidungsfindung die möglichen Änderungen darin einzutragen.

Das Unterscheidungskriterium des Dialogs von perspektivischen Systemen ist die wechselseitige Aktivität. Dies muss mittels des Blocks des wechselseitigen aktiven Dialogs ausgeführt werden. Dieser Block muss dem Nutzer im Fall der komplizierten Situation helfen, die richtigen Entscheidungen zu treffen. Zu dieser Zeit hat der Computer nicht nur die Rolle des Konsulenten, sondern die Rolle eines Experten, der dem Nutzer die alternativen Varianten mit Empfehlungen anbietet. Im Fall der Notwendigkeit kann der Nutzer zusätzliche Information verlangen oder einfügen, die für die Entscheidungstreffung notwendig wird.

Er kann im Fall der Notwendigkeit die vorherigen Etappen der Projektierung wiederholen, wo Integrationsmöglichkeiten für aktuellere Faktoren und zusätzlich einzutragende Information vorgesehen sind.

Der Block der Erweiterung der Kenntnisdatenbank muss aufgrund der zu projektierten Leiterplatten den Zustand der Kenntnisdatenbank analysieren, um die Richtigkeit der Prognosefähigkeit zu schätzen und sie entsprechend korrigieren zu können.

Die Basis der Kenntnisse kann auch autonom erweitert werden, z. B. am Anfang der Projektierung der Platine der neuen Art (das früher keine Analogien aufwies).

5 Die Systeme der automatisierten Fertigung Computer Aided Manufacturing (CAM)

Nach der Projektierung der Platine in den Systemen der automatisierten Projektierung ist es notwendig, folgende technologische Arbeitsgänge auszuführen: das Durchbohren, die Herstellung, die

Montage, die Kontrolle und die Prüfung. Zurzeit werden all diese Arbeitsgänge überhaupt in den Systemen der automatisierten Herstellung auf den entsprechenden technologischen Abschnitten ohne Dialoghaltung mit den Systemen der automatisierten Projektierung ausgeführt. Das birgt gewisse Probleme bezüglich der Qualität und Sicherheit der hergestellten Platine. Die Notwendigkeit der raschen und qualitativen Herstellung von Platinen verlangte, die Systeme der automatisierten Projektierung sowie der automatisierten Fertigung zu vereinen. Dies führte dazu, dass das Ziel über die Bildung der automatisierten Projektierung und die Integralsysteme der automatisierten Herstellung aktuelle Bedeutung gewann.

6 Das konzeptionelle Modell der integrierten Systeme von automatisierter Projektierung und Fertigung von Leiterplatten (CAD/CAM)

Die Aufgabe der Synthese von Projektierung und Fertigung einer Platine ist keine triviale Aufgabe.

Die Bildungsgrundlagen integrierter Projektierungs- und Herstellungssysteme sind folgende: Bildung der einheitlichen Informationsbasis, Ausarbeitung von Methoden der automatisierten, strukturellen Synthese, die Adaptation dem Wechsel der Herstellungstechnologie und Projektierungsmethoden gegenüber, die gemeinsame Organisation der Lenkung von Prozessen der Projektierung und Fertigung, Ausarbeitung der Theorie der Projektierung von integrierten Systemen und der Ergebnisse der Publikationsanalyse.

Auch die geringe Anzahl an Publikationen aus diesem Forschungsbereich weisen auf den unzureichenden Stand der Entwicklung der Theorie sowie der integrierten Systeme hin.

In den modernen Systemen der automatisierten Projektierung sind die Vorgänge der Projektierung und Fertigung getrennt – die Platine wird zunächst voll projektiert, danach erfolgt die Herstellung.

Im Unterschied zu diesen Systemen sind die Vorgänge im Projektierungs- und Fertigungssystem nach dem angebotenen konzeptionellen Modell ineinander integriert. Das bedeutet, dass die Projektierung im realen Maßstab fortläuft, der durch die Fertigungsvorgänge bestimmt ist. Die einzelnen Etappen der Projektierung müssen in diesem Fall durch Dialog mit den Fertigungsvorgängen so umgestaltet werden, dass die realen Eigenschaften dieser Arbeitsgänge und Vorgänge operativ die Vorgänge der Projektierung korrigieren könnten.

In solch einem Fall wird das System der automatisierten Projektierung nach dem Produktionsabschnitt in die Bereiche, die aufgrund der Kommunikation mit dem Projektierungsprozess in Verbindung stehen müssen, geteilt. Sie bilden die Kennzeichnung der Betriebsanlagen. Sie wandeln die zu produzierenden Leiterplatten in Informationssignale um, die ihrerseits den Projektierensvorgang korrigieren.

Solch ein Komplexansatz garantiert unter sämtlichen Möglichkeiten aller möglichen äußeren Faktoren die Funktionsgewährleistung der Platinen.

7 Zusammenfassung

Aufgrund der durchgeführten Analyse können intelligente Systeme automatischer Projektierung: das intelligente „Systemdenken“ des Systems sowie das intellektuelle Denken des Fachmanns eine produktive Symbiose bilden.

Dies bewirkt eine beachtliche Verbesserung der Qualität im Bereich der Projektierung sowie eine raschere und effiziente Herstellung.

Die Integrierten Systeme der Projektierung und Herstellung werden unter den Bedingungen der Wechselwirkung von Prozessen dieser Bereiche im gemeinsamen Zyklus durchgeführt, was eine Steigerung der Effektivität, Qualität und Sicherheit garantiert.

8 Literatur

- /1/ W.N. Ilin : „Der Gebrauch des künstlichen Intellekts im System der automatisierten Projektierung“, Moskau, „Radio und Verbindung“, 1997;
- /2/ D.A. Wepchwadse : „Das konzeptionelle Modell der Bildung von Systemen der perspektivischen automatisierten Projektierung von Druckboards“, Tbilissi, „Wissenschaft und Technologien“, № 7-9, 2001, S. 15-17;
- /3/ D.A. Wepchwadse : „Der Systemansatz von Druckboards zur automatisierten Projektierung hinsichtlich des Betriebes“, Tbilissi, „Wissenschaft und Technologien“, № 10-12, 2001, S. 56- 59.