

Ivan Fučík

Forschungsinstitut für rotierende  
elektrische Maschinen  
Brno, CSSR

#### ANWENDUNG DER CAD-METHODEN IN DEM VARIANTEN-UND PARAMETERKONSTRUIEREN

Zusammenfassung. Der Beitrag beschreibt die Methoden des Varianten- und Parameterkonstruierens mit Hilfe der CAD-Technik, ihre Vorteile und einige der Probleme. Die Aufgaben werden auf einem Konstruktionsarbeitsplatz mit graphischem Bildschirmgerät gelöst, der auf einem Minicomputer der Reihe SMEP ausgestattet ist. Der Beitrag ist durch Einsatzbeispiele im Fachgebiet elektrischer Maschinen ergänzt.

#### 1. Einleitung

Zur objektiven Notwendigkeit des Einsatzes der Rechnermethoden und -technik nicht nur in der Fertigung, sondern vor allem in den Vorfertigungsetappen führen immer stärker wachsende Anforderungen an die Qualität und Verlässlichkeit der Maschinen und Einrichtungen, an die Verkürzung der Innovationszyklen und an schnelle Erfüllung von Anwenderanforderungen.

Die rechnerunterstützten Methoden des Projektierens und Konstruierens /CAD - Computer Aided Design/ erfahren in den letzten Jahren eine rasche Weiterentwicklung. Die rechnerunterstützten Graphiksysteme ermöglichen heute nicht nur das Zeichnen graphischer Abhängigkeiten, die Vorbereitung von Fertigungszeichnungen, die Prüfung von Programmen für NC-Werkzeug- und -Formgebungsmaschinen, Entwürfe der Leiterplatten und Druckschaltungen u.s.ä., sondern auch die Simulierung von technologischen Arbeitsvorgängen und Roboterbewegung, das Erstellen und Darstellen der dreidimensionalen Modelle einschliesslich der Lösung der Kantensichtbarkeit unter dem Einsatz von Farben und Schatten, den anschliessenden Einsatz der Methode der finiten Elemente usw.

Im Forschungsinstitut für elektrische Maschinen /VÚES/ Brno wird die Automatisierung der graphischen Arbeiten schon seit dem Jahre 1974 gelöst und zwar in Richtung auf das Arbeitsgebiet des Projektierens und Konstruierens elektrischer Maschinen und Antriebe. Durch eigene Kräfte und Mittel wurde schrittweise das graphische Programmsystem MINIG 1

entwickelt, das unter dem Betriebssystem DOS RV2 auf den EDV-Anlagen der Reihe SMEP arbeitet. Das auf das Minicomputergerät SM4-20 angeschlossene Bildschirmgerätsnetz verbindet ausser der Text-Bildschirmgeräte auf den Arbeitsplätzen der Projektanten auch einen graphischen Arbeitsplatz der Konstrukteure /Technologen/, der mit einem graphischen Bildschirmgerät mit der Möglichkeit der graphischen Eingabe /graphisches Tablet-Digitalisierer/ und der Bildschirmkopie /"hardcopy"/ ausgestattet ist.

Der Zeichnungsvorgang der Endlösung erfolgt mittels eines "off-line" angeschlossenen automatischen Zeichentisches /Plotter/. In diesem System werden auch die in diesem Beitrag beschriebenen Methoden des Varianten- und Parameterkonstruierens gelöst.

## 2. Neues und variantes Konstruieren

Die konstruktive Vorbereitung des Erzeugnisses stellt im Phasenvorgang des Vorfertigungsprozesses "Konzipieren-Entwerfen- Ausarbeiten" einen wesentlichen und entscheidenden Teil dar. Je nach der Konstruktionsart /neue, angepasste oder variante/ verändert sich sowohl der nötige Anteil der schöpferischen Arbeiten, als auch die Zweckmässigkeit des Einsatzes der Rechnermethoden. Im Zuge der allmählichen Weiterentwicklung des Erzeugnisses sink der Inhalt der geistig-intuitiven Tätigkeiten und steigt das Volumen der Wiederholten-und Routinenarbeiten einschliesslich der Zeichnungsarbeiten an. Und eben diese Arbeiten können algorithmisiert und daher auch automatisiert werden /Bild 1/.

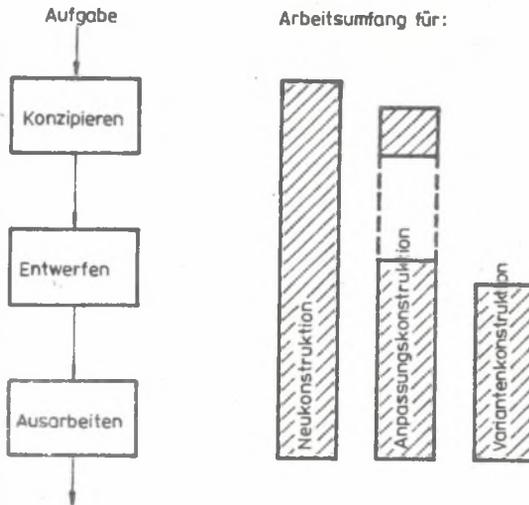


Bild 1

Zum Unterschied von der neuen konstruktiven Lösung, wo sich ein neues Maschinenmodell während des Erstellens befindet und daher sämtliche Arbeitsphasen zu lösen sind, können mit Hilfe des Variantenkonstruierens mit Vorteil frühere Lösungsfälle wieder eingesetzt werden.

Der Schwerpunkt der Arbeit liegt dann in der Neugestaltung eines bereits bestehenden Modells, in der Ausarbeitung eines neuen Maschinenentwurfes, d.h. der Schwerpunkt befindet sich vorwiegend in der konstruktiven und technologischen Fertigungsvorbereitung.

Elektrische Maschinen die als Sondertypen eines Erzeugnisses angesehen werden können, zeichnen sich durch relativ einfache Konstruktionslösung, durch grosse Häufigkeit der Serien- bis Massenfertigung und durch hohe Anforderungen an die Typisierung, Unifizierung und Normalisierung auch vom internationalen Standpunkt gesehen. Die Reihen elektrischer Maschinen sind vorwiegend als parametrische abmessungsmässig ähnliche Reihen mit einer grossen Varianten- und Modifikationenzahl der Grundausführung entworfen. Auf diese Umstände bilden gute Voraussetzungen. Alle diese Umstände bilden gute Voraussetzungen für Automatisierung der Vorfertigungsetappen, besonders im Fachgebiet des Variantenkonstruierens. Der Aufbau der Varianten ist nach /1/ hierarchisch strukturiert:

Funktionsvarianten - Effektvarianten - Varianten der Funktionsträger. Die letzte Ebene kann in folgende Varianten geteilt werden:

- die Varianten der Elementengeometrie und zwar der Gestalt /geometrische Gestalt, Lage, Anzahl/ und derer Abmessungen,
- die Varianten der Elementenverteilung in der Maschinen-Zusammenstellung,
- die Varianten des Werkstoffes,
- die Varianten der physikalischen Eigenschaften.

In unserem Falle haben wir uns auf die Variorierung der Teileabmessung /bei der Rücksichtnahme auf die Gestaltähnlichkeit/, auf die Gestalt- und Teilelementenlagevarianten und auf die durch eine Kombination der variantfähigen Teile entstandenen Zusammenstellungsvarianten eingestellt. Die Beispiele einer rechnerunterstützten Lösung oben angeführte Varianten mit Hilfe des Programmsystems ASMOT 2 /VÜES Brno/ zum Komplexentwurf der Induktionsmaschinen /2/ sind auf den Bildern 2. bis 4. angeführt.

Diese Arbeitsmethode hat es ermöglicht, eine bis 10-malige Verkürzung der ausgewählten Teilaufgaben in Gegenüberstellung zur klassischen /Hand-/ Lösung zu erreichen und die Gesamtdurchlaufzeit des Maschinenentwurfes /event. einer Variante/ auf ein Drittel oder ein Viertel herabzusetzen.

Ähnlich können auch die Varianten der Fertigungsdokumentation gelöst werden /Bild 5./.

Die Vorbereitung dieser Arbeitsmethode setzt zeitlich und fachlich anspruchsvolle Analysen der bestehenden Maschinen und der klassischen Arbeitsmethoden zum Maschinenentwurf voraus. Die auf diese Weise erworbenen Teile-, Knoten- und Zusammenstellungsmodelle der Maschinen und das

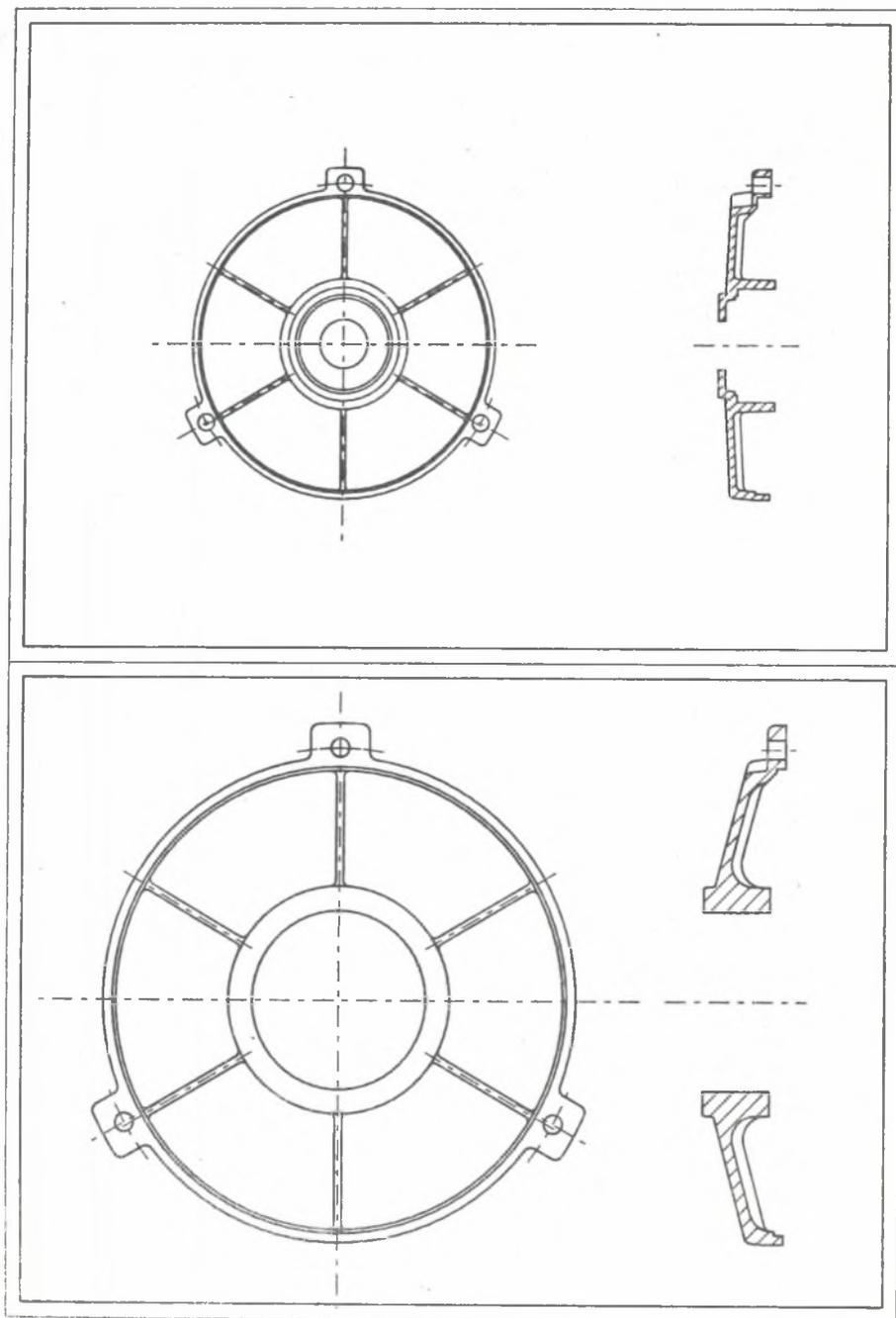


Bild 2 - Beispiel der Abmessungsvarianten des Teils (Lagerschild)  
- vom Programm ASHOT 2

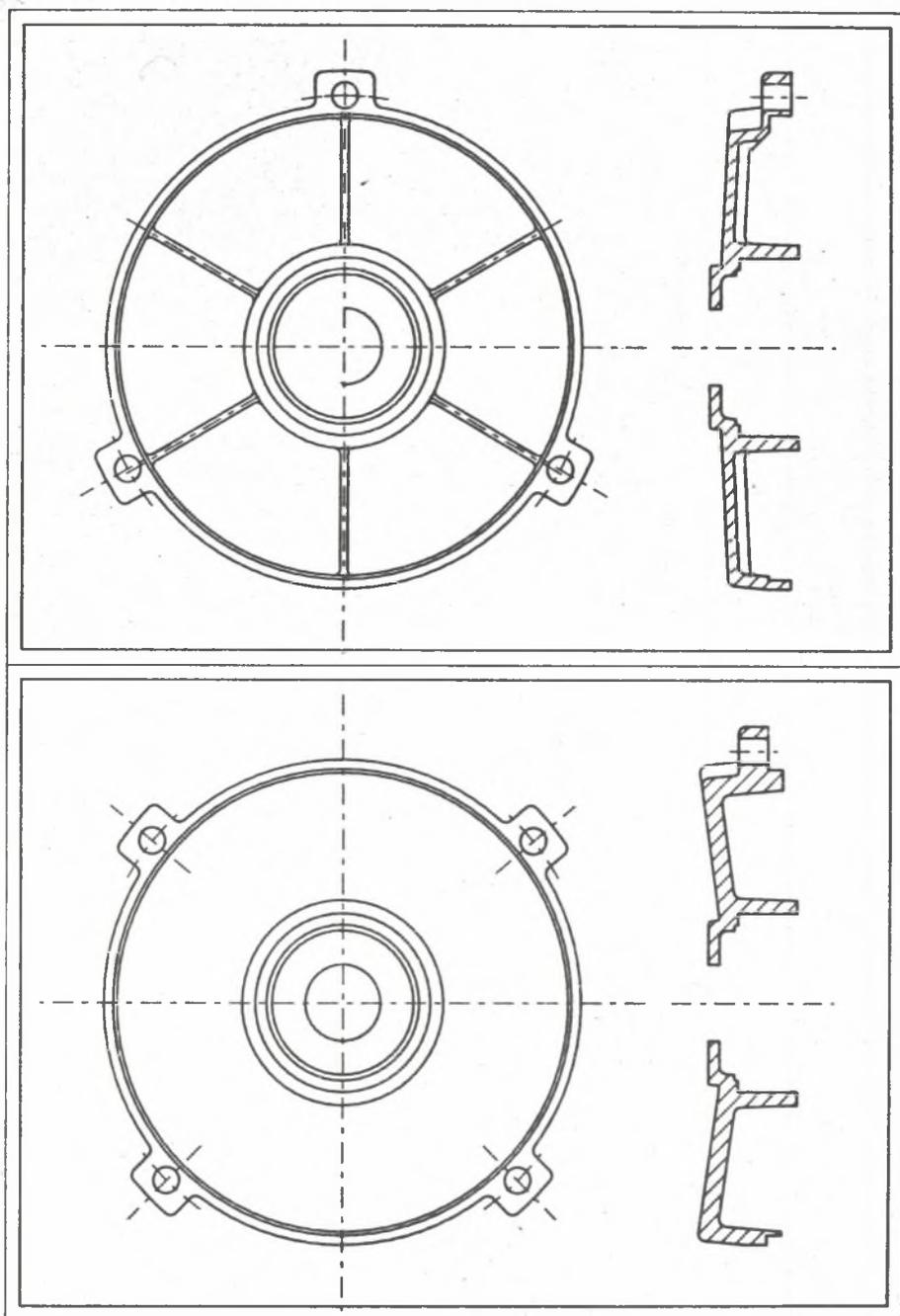


Bild 3 - Möglichkeiten der Gestaltvarianten desselben Teils

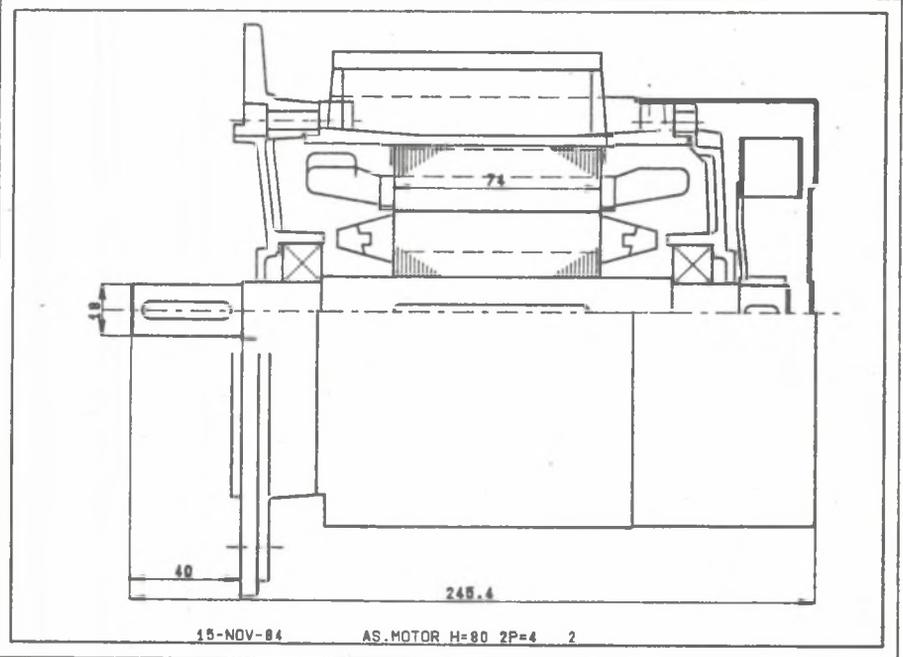
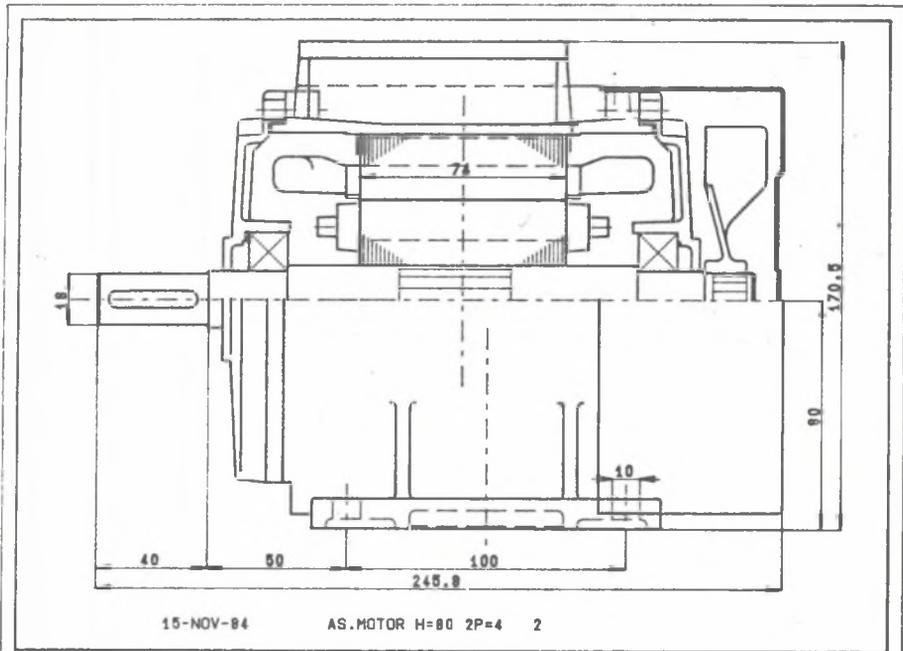


Bild 4 - Muster der Zusammenstellungsvarianten der elektrischen Maschine (Programm ASMOT 2)

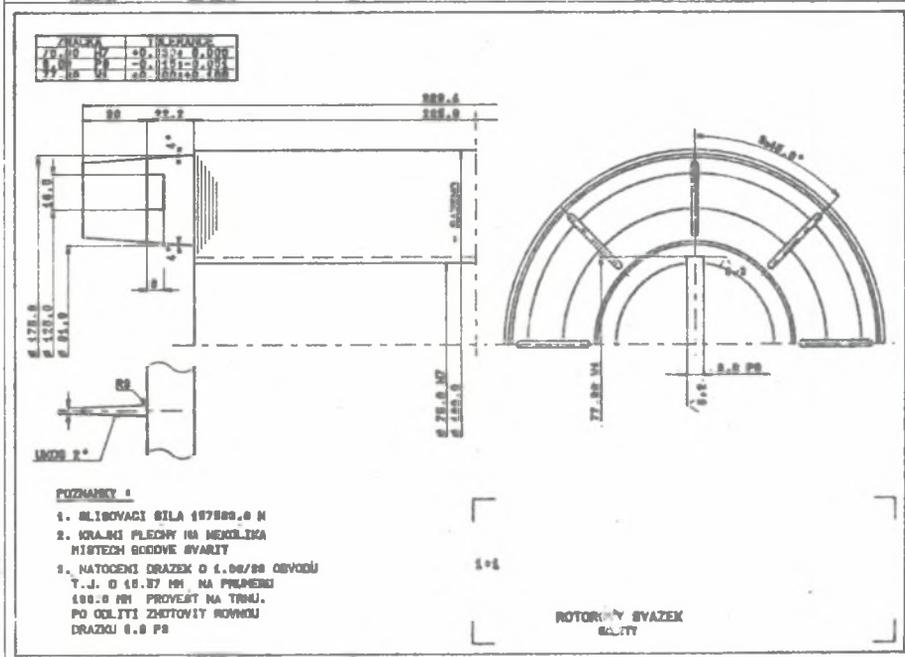
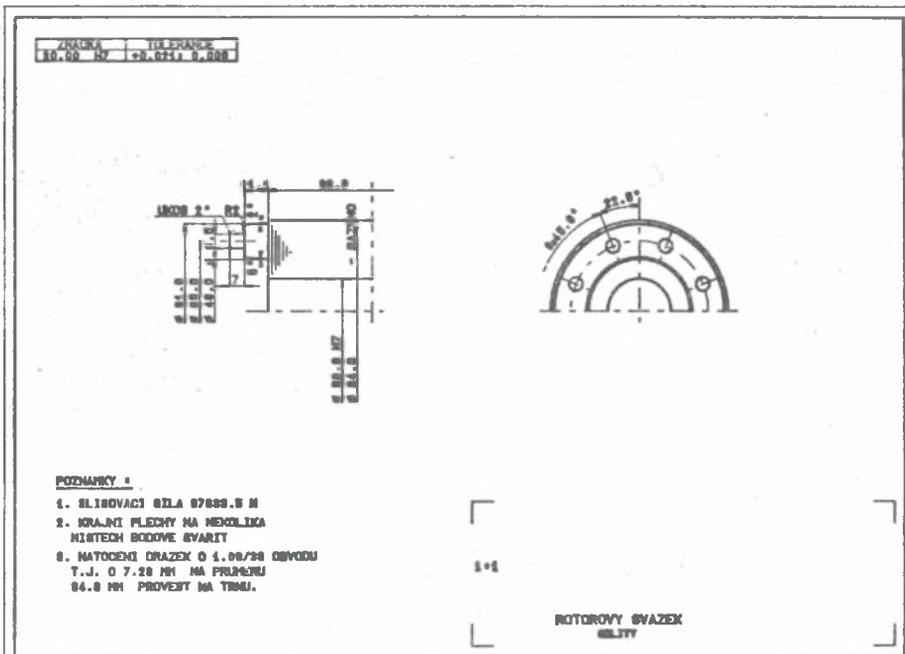


Bild 5 - Mögliche Varianten der Fertigungszeichnung, die mit Hilfe einzigen Programmmoduls des VYDO-Systems vorbereitet werden.

Modell des Lösungsvorganges verfügen aber nur über einen beschränkten Gültigkeitsumfang und zwar auf eine bestimmte Maschinentype oder -sorte und diese Modelle ermöglichen keineswegs trotz der Programm-modularstruktur leichte Veränderung der Maschinenkonzeption.

Andererseits aber sind durch diese Modelle richtige Bindungen zwischen den Teilen bei dem Erstellen der Zusammenstellung sichergestellt und dank dem festen Maschinenmodell wird ermöglicht automatische Verkoppelung einzelner Entwicklungsetappen /Berechnungen, Konstruktionsentwurf, Vorbereitung der Fertigungsdokumentation, Erstellen von Programmen für die NC-Werkzeugmaschinen/. Das alles ermöglicht dem Anwender in gleicher Zeit eine grössere Variantenzahl zu lösen und davon aufgrund der gewählten Kriterien die optimalste Lösung zu wählen. Die Arbeitsmethode erscheint also als eine für die Fertigungsbetriebe mit einem beschränkten Fertigungsprogramm und einer höheren Unifizierungsstufe besonders geeignet.

### 3. Parametrisches Konstruieren

Unter dem Begriff "parametrisches Konstruieren" im Fachgebiet CAD versteht man die Durchführung der Mass- und Gestaltänderung von Teilen, Knoten und Zusammenstellen durch die Parameteränderung ihres geometrischen Modells. Dieser Arbeitsvorgang entspricht grundsätzlich dem Variantenkonstruieren, das aber bisher nur für das gegebene Modell mit Hilfe der vorausvorbereiteten Programme und unter der Ausnützung der passiven Graphik einsetzbar war.

Der im Institut VÜES Brno vorgeschlagenen Arbeitsmethode ist der Einsatz der Datenbank von graphischen Modellen und konkreten Teilen und Knoten und der Bibliotheken von normalisierten Maschinenteilen und wiederholten graphischen Elementen zugrundegelegt. Die Auswahl dieser Bauteile kann entweder automatisch nach erfolgten Berechnungen, umgebenden Teilen oder vergebenen Kriterien, oder durch die Wahl seitens des Projektanten-Konstrukteurs durchgeführt werden.

Zum Unterschied von bisher eingesetzten auf ein konkretes Maschinenmodell orientierten Programmen sind in diesem Falle als Grundbausteine einzelne Teile angesehen, die in eine höhere Baueinheit /Knoten, Zusammenstellung/ von dem Projektanten zusammengebaut werden und zwar mit Hilfe der aktiven Graphik von Programmsystem MINIG 1. Vorausgegeben ist also nicht das Modell der Maschinenzusammenstellung, sondern nur die Modelle der vom Anwender ausgewählten Teile /gegebenfalls Komponenten/. Man kann aber bei einer geeigneten Auswahl der allgemeinen Modellform und der Parameter auch von nur einem Modell ganze Reihe von verschiedenen Varianten bekommen. /Bild 6/.

Die zum Generieren der Komponenten bestimmten Programme sind in der Programmiersprache FORTRAN IV gefasst und unter dem Einsatz graphischer Befehle aus einer der Bibliotheken des Systems MINIG 1 betrieben. Diese

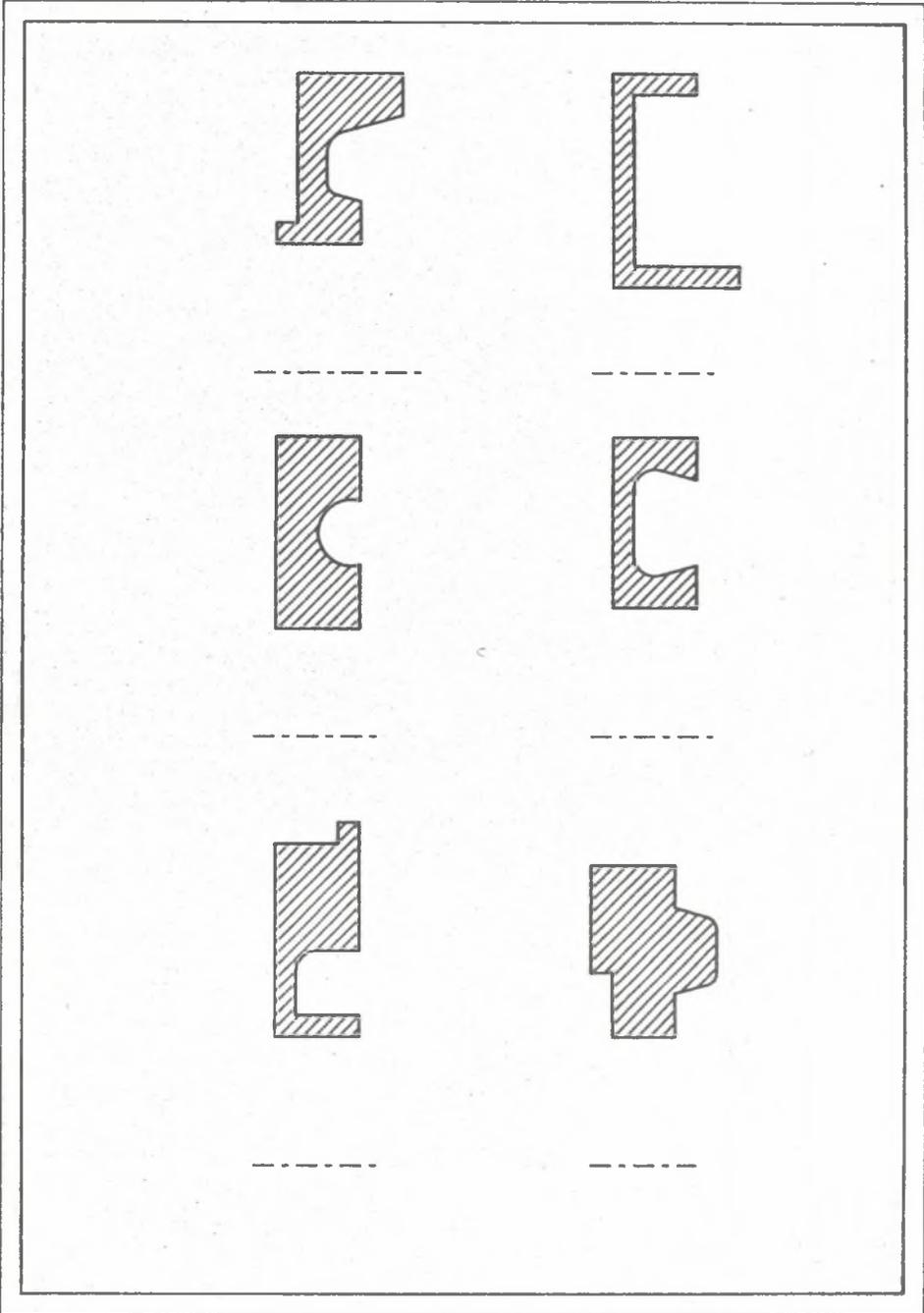


Bild 6 - Parametrische Varianten von einem Komponentenmodell

Programme sind als Sattelitenprogramme konzipiert und durch den graphischen Editor /d.h. im Regime der aktiven Graphik/ gestartet. Die Parameter stellen einen Bestandteil der graphischen Beschreibung /die Datei der graphischen Befehle/ der gegebenen Komponenten dar. Der von der konkreten Komponente unabhängige Betätigungsapparat ermöglicht dem Anwender den Dialog am Alphanumerischbildschirmgerät /Textterminal/, wobei auf dem Bildschirm graphisches Displays das Ergebnis des Arbeitsvorganges zu sehen ist.

Zur Erleichterung der Durchführung von Parameteränderungen sind die Parameter in Haupt- und Nebenparameter eingeteilt. In der ersten Phase des Lösungsvorganges werden von Anwender nur die Hauptparameter vergeben /entscheidende Abmessung, die Form, Teilengrobumrisse und so ähnlich/ bestimmen und die Nebenparameter /z.B. Winkel, Radien, usw./ sind zu den Hauptparametern nach den empirischen Beziehungen zugeordnet. Erst in der Abschlussarbeitsphase ist mit Hilfe der Nebenparameter die endgültige Komponentenform gestalten. Auf diese Weise kommt es zur Herabsetzung der Zahl der Notwendigen Eingabedaten beim ersten Entwurf der Maschinen-Zusammenstellung.

Durch den Einsatz des Systems der aktiven Graphik /z.B. durch die Anwendung des Elektronikstifts und der Menütechnik/ kann die Manipulation /Multiplikation, Rotation, Spiegelung/ und der Zusammenbau der Komponenten in eine Knoten- oder Maschinen- zusammenstellung vorgenommen werden. Die Problematik dieses Arbeitsganges besteht in der Sicherstellung der Verbundenheit der Kontrollberechnungen der Maschine /im Fachgebiet der Mechanik und Kühlung/ mit einem ganz allgemein /frei/ konzipierten, voraus nicht definierten Maschinenmodell. Die auf einen Teil bezugenen Berechnungen /die Masse, das Trägheitsmoment u.s.ä./ können dabei in ein Sattelitenprogramm zum Generieren des Teiles eingereicht werden.

Durch den Einsatz der Mittel der aktiven Graphik kann die auf dem Bildschirm eines graphischen Terminals generierte Abbildung eines parametrisierten Teiles in die Form der Fertigungszeichnung ergänzt werden /Bild 7/. Als parametrische Komponenten können auch normalisierte und typisierte Teile vorbereitet werden. In diesem Falle ist es aber angebracht, die Parameter solcher Teile in eine Konstruktionsdatenbank zu speichern und die Auswahl diesbezüglicher Parameter beim Start zum Erstellen solcher Komponenten von einem Sattelitenprogramm sicherzustellen. Ein Beispiel dazu sind die Schrauben auf dem Bild 8.

Eine ausweichliche Voraussetzung der Methode des Parametrischen Konstruierens ist die Schaffung eines Archiv- und Sortiersystems mit Hilfe dessen ist es leicht möglich, die geeignetste fertige gegebenenfalls die nächste einsatzfähige Komponente auszusuchen. Im VÚAS - Institut Brno wurde zu diesem Zwecke das Datenbasissystem DTS eingesetzt.

Trotz der klaren Vorteile, die das Erstellen parametrischer Komponenten mit sich bringt, bleibt die Programmvorbereitung dieser Komponenten als kritischer Punkt dieser Methode. Daher werden weitere Wege zu derer

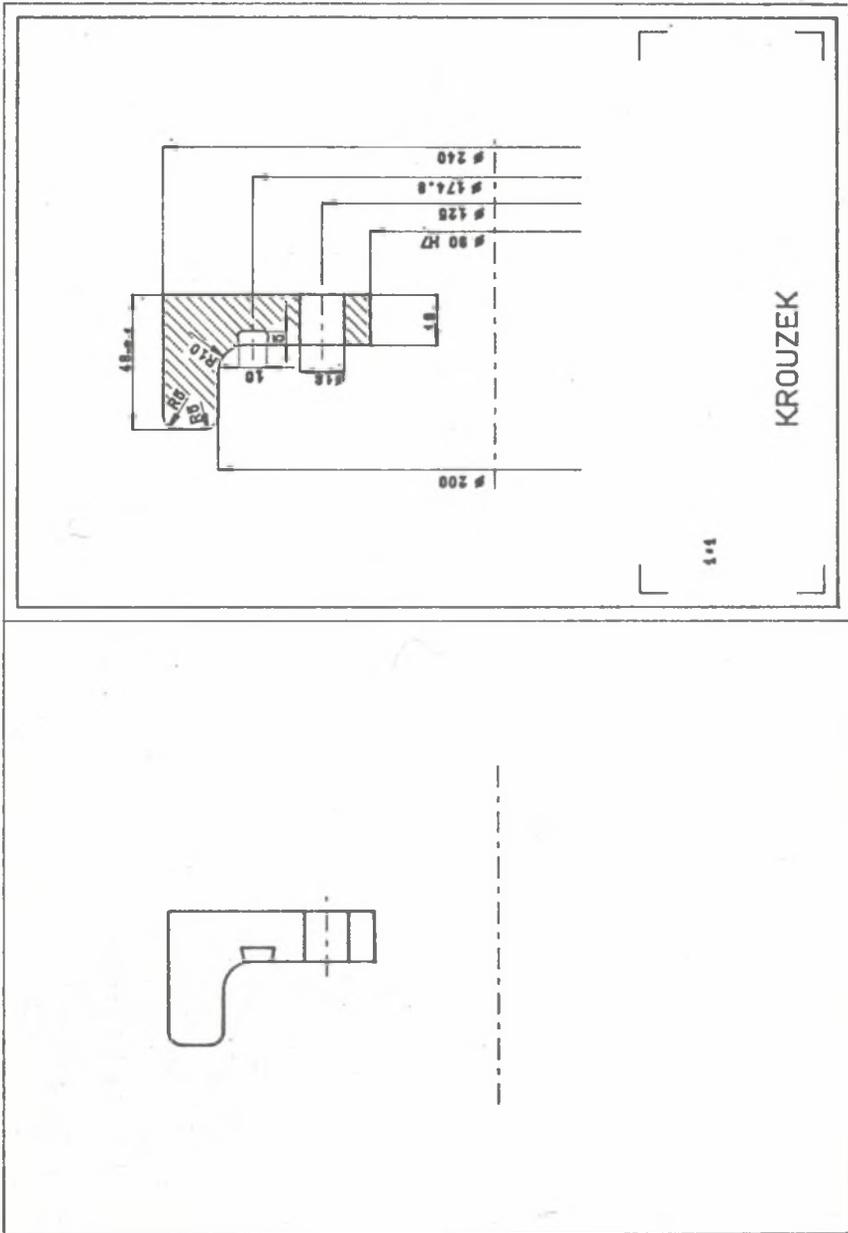


Bild 7 - Beispiel der Zeichnungsbeendigung mit Hilfe aktiver Computergraphik (MINIG-System)

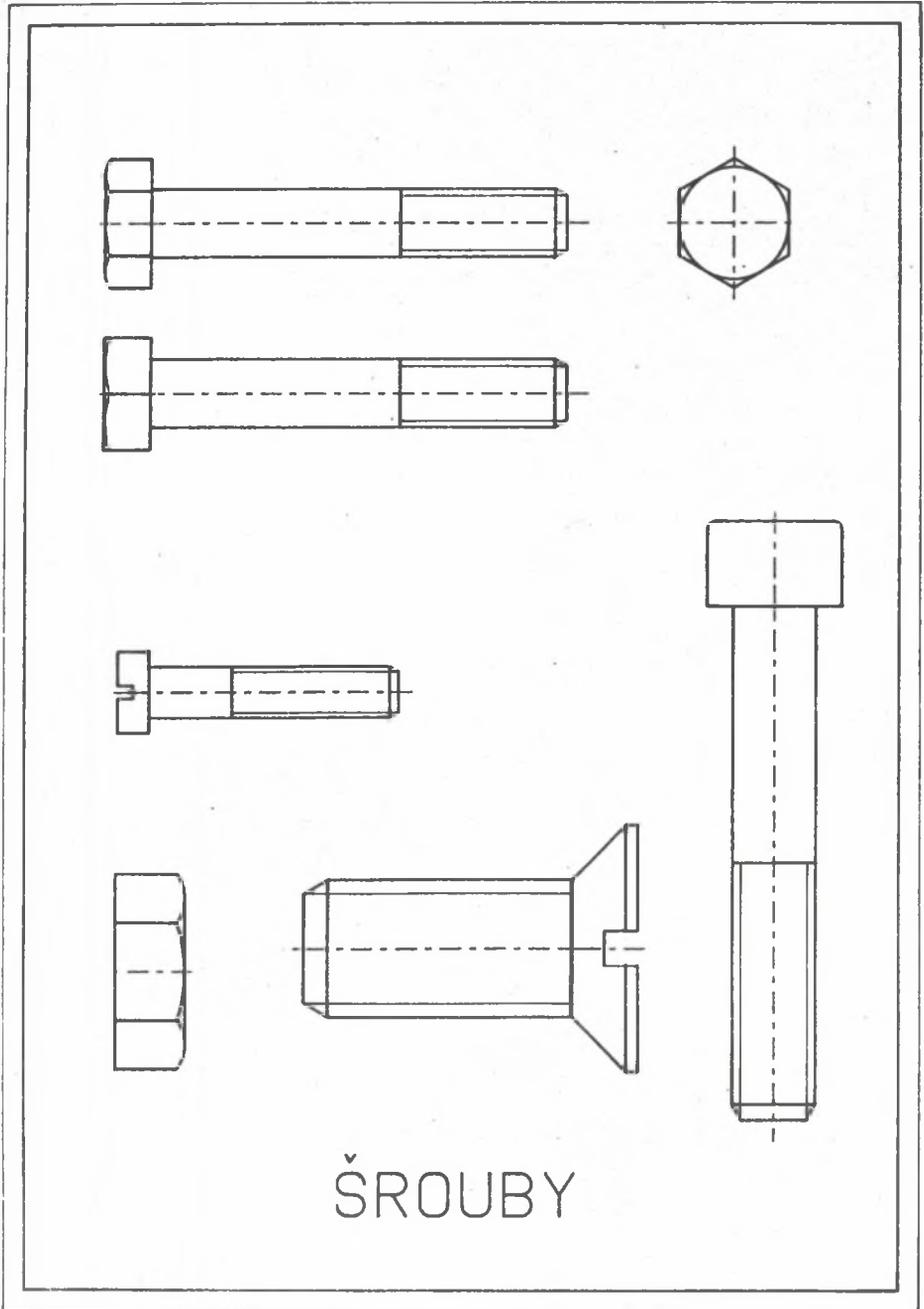


Bild 8 - Parametrisch bearbeitete Normteile (Schrauben)

Rationalisierung gesucht. Als eine Möglichkeit kann der Einsatz der Interpretations- und Beschreibungssprache sein, die kein Übersetzen und Erstellen eines Generierungsprogrammes braucht. Eine andere Methode /3/ setzt das Erstellen sogenannter Musterzeichnung durch das Skizzieren auf dem Bildschirm eines graphischen Bildschirmgerätes voraus. Die Abmessungen der so entstandenen Abbildung können mit Variablen /Parametern/, gegebenenfalls auch mit algebraischen Ausdrücken bezeichnet werden und durch ihre Änderung mittels der Tastatur ziemlich leicht die Gestalt und Abmessungen modifizieren. Dieser Arbeitsvorgang erfordert keine programmässige Vorbereitung der Komponenten und ist daher wesentlich einsatzfähiger.

Die Methoden des parametrischen Konstruierens sind geeignet und angebracht für die Varianten - und Neukonstruktionen, stellen aber auf den Anwender höhere Anforderungen als die geläufigen Variantenmethoden der passiven Graphik.

#### 4. Abschluss

Die obenerwähnten Methoden lösen nur einen Teil der gesamten Problematik in der Automatisierung der Entwurfs- und Konstruktionsarbeit. Aber die schon erreichten Ergebnisse haben die Richtigkeit des angetretenen Weges bestätigt. Im Laufe der weiteren Etappe wird die Entwicklung in VÜES - Institut Brno besonders auf die Vorbereitung der CAD/CAM - Datenbank orientiert und zwar als ein Verbindungskern eines komplexen integrierten Systems der Ingenieurarbeitenautomatisierung, auf die Weiterentwicklung des Programmsystems der aktiven Graphik und auf die Einführung der Direktverbindung der technologischen Fertigungsvorbereitung zur automatisierten Konstruktion.

#### Literatur

- [1] Nicolai M.: Rechnerunterstützte Variantenkonstruktion von Baugruppen. VDI-Verlag, Düsseldorf 1979.
- [2] Fučík I., Klevar V.: Integrated design system for induction motors. Konferenz CAD'84. Brighton, England 1984.
- [3] Grieb P.: Benutzerorientierte, rechnerunterstützte Variantenkonstruktion mit dem MEDUSA-Parametric-Baustein. VDI-Z Nr.13/1983.

## USING OF CAD METHODS IN VARIANT DESIGNING

## S u m m a r y

The paper deals with methods of variant and parametric design process based on CAD application and their advantages and some problems. The tasks are solved on a design work-station with a graphic display of a minicomputer SMEP-series system. Examples of some application in the area of electrical machines are also given to complete the paper.

## ZASTOSOWANIE CAD - METODY W KONSTRUOWANIU WARIANTOWYM

## S t r e s z c z e n i e

Artykuł opisuje metodę konstruowania wariantowego z uwzględnieniem problemów CAD. Opisywane zadania rozwiązywane są na tzw. miejscu pracy konstruktora wyposażonym w monitor graficzny i minikomputer SMEP. Artykuł zilustrowany jest przykładami z zakresu maszyn elektrycznych.