

# Avtomatizacija postopka naprševanja na laboratorijskem visokovakuumskem sistemu

## Automation of the Sputtering Process on High Vacuum Lab System

B. Berič<sup>1</sup>, M. Drab, A. Pregelj, S. Sulčič, IEVT, Ljubljana

Prejem rokopisa - received: 1996-10-04; sprejem za objavo - accepted for publication: 1997-01-17

*V vseh sodobnih vakuumskih sistemih upravljamo ventile in druge elemente indirektno z elektromagnetno pnevmatiko. Zaradi varnosti mora biti vključena kontrola sproženih gibov, tehnološki proces pa zahteva še prirejenost teh dejanj spreminjajočim se parametrom, kot so tlak, temperatura, jakost toka, debelina nastajajoče tanke plasti, čas jedkanja itd. Potrebni so torej senzori gibov in drugih pomembnih veličin. Za celotno obravnavanje podatkov ter upravljanje elementov in s tem vodenje procesa se vse bolj uveljavlja uporaba mikroprocesorjev. Prispevek opisuje razvoj in izvedbo računalniškega krmiljenja, ki je bilo vgrajeno v visokovakuumski črpalni sistem VS10.*

*Ključne besede: vakuumski sistem, računalniško krmiljenje, PLC, SIMATIC, avtomatizacija*

*The modern vacuum systems have valves and other elements PC or PLC controlled. For safety reasons all movements are checked in real time and adapted to real values of pressure temperature, current, thickness of sputtering layer, etching time etc. Motion, pressure and other sensors are essential. In data analyzing and motion control microprocessor plays important role. This article describe development of automated module for controlling the Lab High Vacuum System.*

*Key words: vacuum system, computer control, PLC, SIMATIC, automation*

### 1 Uvod

Laboratorijski visokovakuumski sistem VS10 naj bi omogočal izčrpanje delovne komore do  $10^{-5}$  mbar, vpust plina, vklop visokonapetostnega generatorja, prenos določene količine naboja kot kontrolno nanosene plasti in po doseganju nastavljenih vrednosti vrnitev na začetno pozicijo.

Osnovne zahteve za izdelavo sistema so bile:

- turbomolekularna črpalka CF100
- ploščni ventil  $\phi 100$  s CF prirobnico
- steklena komora za opazovanje naprševanja
- uporaba programatorja SIMATIC tovarne Siemens
- tesnenje z viton in Cu tesnili
- visokonapetostni generator za vžig plazme
- brez vodnega hlajenja (samo elektrika in pnevmatika)
- funkcionalnost
- zunanost
- stalna kontrola nastavljenih parametrov procesa.

Sistem sestavljajo naslednji elementi (slika 1):

1. DUO 16B - rotacijska dvostopenjska vakuumška črpalka, Balzers
2. TMU 260 - Turbomolekularna vakuumška črpalka, Balzers
3. TPR1, TPR2, TPR3 - Pirani merilne glave, Balzers, model TPR 010
4. IKR - Penning merilna glava, Balzers, model IKR 050

5. V1 - Ploščni elektropnevmatski vakuumski ventil, VAT
6. V2, V3, V4, V5, V6, V9 - Elektropnevmatski vakuumski ventili, Leybold
7. V7 - Ročni vakuumski ventil, IEVT
8. V8 - Ročni dozirni ventil, Leybold
9. V10 - Elektromagnetni odzračevalni ventil, Balzers, model TVF 012
10. Integrator električnega toka, Danfysik
11. HV suppl. - Visokonapetostni generator HCK 400-6500, 0-6500V, 0-120mA
12. TCP 380 - Elektronski kontroler, Balzers
13. TCF 103 - Odzračevalni kontroler, Balzers
14. TPG 300 - Merilni instrument tlaka, Balzers
15. SIMATIC - PLC, Siemens, model S5 - 95U
16. V sistemu sta še dve prevodnici in mikrostickalo.

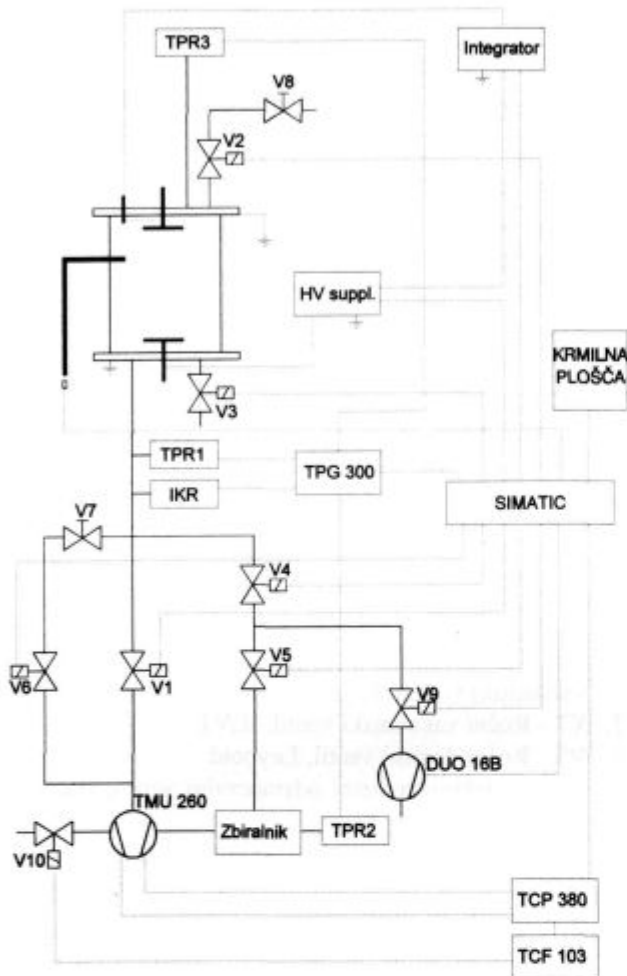
### 2 Opis diagrama poteka

Za izvedbo avtomatizacije sistema VS10 je bilo najprej potrebno izdelati diagram poteka, ki natančno opredeljuje časovni vrstni red vseh operacij ter kontrol, ki jih mora izvesti sistem v enem ciklu.

VS10 krmili Simatic S5 PLC tovarne Siemens, na katerem je 32 digitalnih enosmernih 24V vhodov, 16 digitalnih 220V izmeničnih izhodov ter štirih analognih vhodov. Krmilni softver je napisan v programskem jeziku STEP 5, ki je bil razvit za Siemens-ovo družino PLC-jev Simatic S5.

Z uporabniškim vmesnikom OP393-III, Siemens, je omogočeno nastavljanje časovnih in tlačnih parametrov procesa. Ta mesta so na mrežnem diagramu označena z odebeljenim okvirjem. (Slike 2, 3, 4)

<sup>1</sup> Boris BERIČ, dipl.inž.  
Inštitut za elektroniko in vakuumsko tehniko  
Teslova 3b, 1000 Ljubljana, Slovenija



Slika 1: Shema povezav laboratorijskega visokovakuumskega sistema VS10

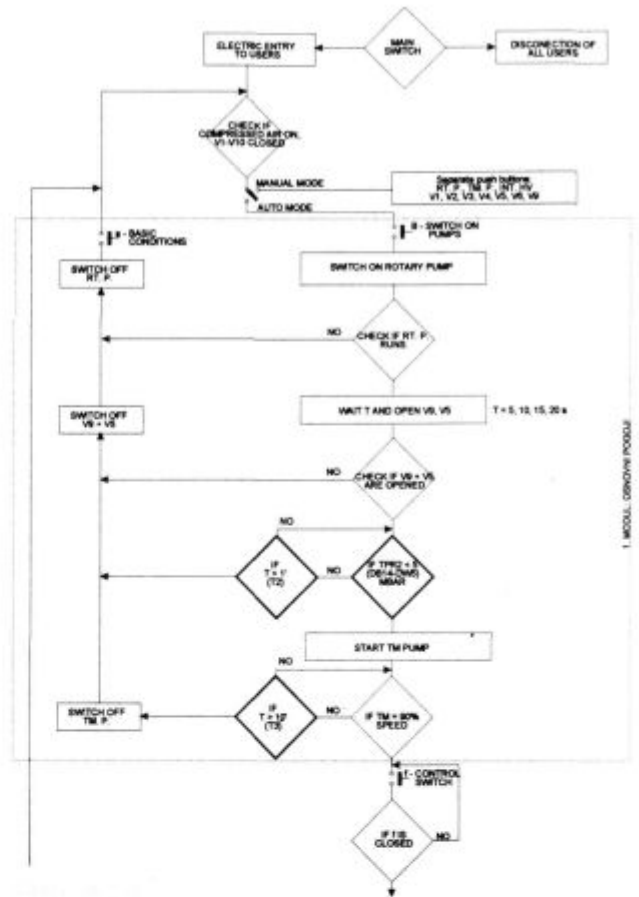
Figure 1: High vacuum laboratory system VS10

1. Modul: Osnovni pogoji

Pri zagonu prvega programskega modula z glavne krmilne plošče, softver aktivira rotacijsko črpalko DUO 016 B in odpre ventila V9 in V5. Po preverjanju tlaka na mestu TPR2 požene turbomolekularno črpalko TMU 260 ter preskoči na naslednji modul, ko TMU 260 doseže 90% obratov. Če pride pri izvajanju prvega modula do napake, se na glavni krmilni plošči prižge rdeča luč.

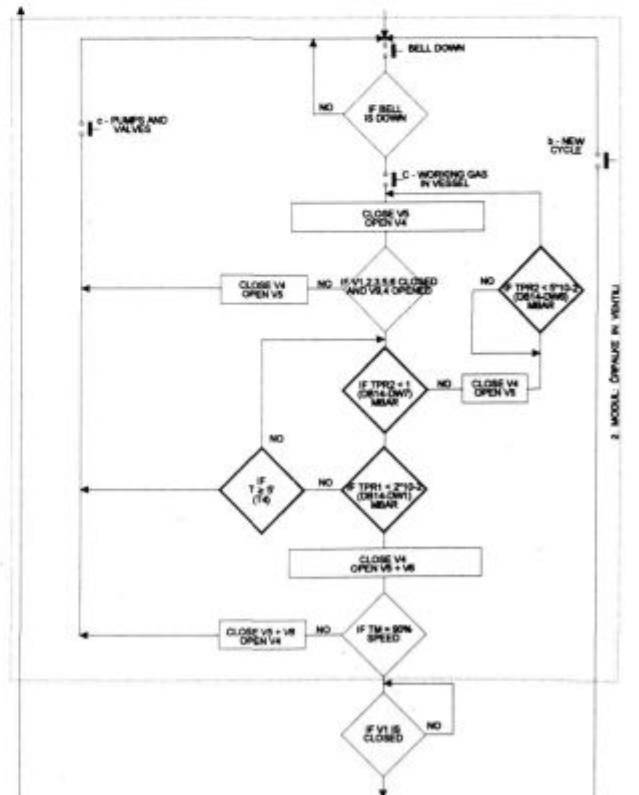
Možne napake so:

- rotacijska črpalka DUO 016 B se ne aktivira
- ventila V9 in V5 ne odpreta
- tlak pri TPR2 ni dosežen v času T2
- TMU 260 ne doseže 90% obratov v času T3.



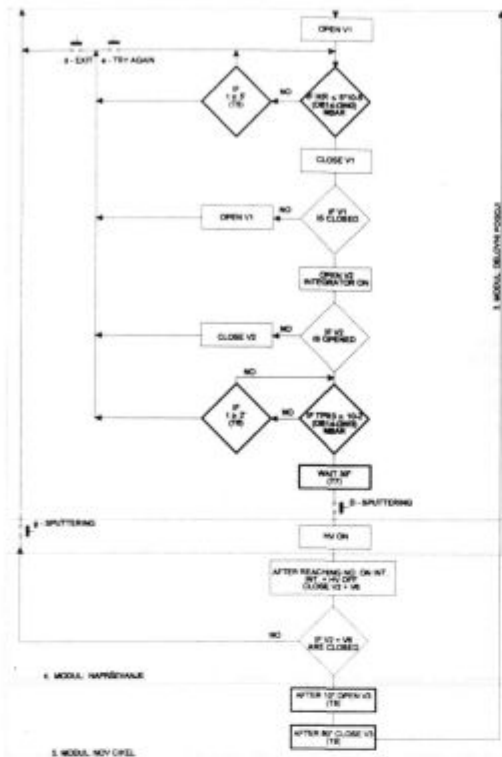
Slika 2: Diagram poteka procesa (1/3)

Figure 2: Operating process flowchart (1/3)



Slika 3: Diagram poteka procesa (2/3)

Figure 3: Operating process flowchart (2/3)



Slika 4: Diagram poteka procesa (3/3)

Figure 4: Operating process flowchart (3/3)

## 2. Modul: Črpalke in ventili

Drugi modul se aktivira v primeru, da je zvon (vakuumška komora) spuščен. Softver nato zapre ventil V5 in odpre ventil V4 ter preveri pozicije drugih ventilov. Ko preveri tlak na mestih TPR1 in TPR2, zapre ventil V4 ter odpre ventila V5 in V6. Končno se preverja tudi hitrost TMU 260. Če pride pri izvajanju drugega modula do napake, se na glavni krmilni plošči prižge rdeča luč.

Možne napake so:

- zvon ni spuščен
- ventili V1, V2, V3, V5, V6 niso zaprti
- ventila V9 in V4 nista odprta
- tlak pri TPR3 ni dosežen v času T4
- hitrost TMU 260 je nižja od 90%.

## 3. Modul: Delovni pogoji

Modul se aktivira z odprtjem ventila V1. Program preveri tlak na mestu IKR ter zapre ventil V1. Po zaprtju ventila V1, se odpre ventil V2 in vklopi integrator. Preveri se tudi tlak na mestu TPR3. Po preteku časa T7, softver preskoči na naslednji programski modul. Če

pride pri izvajanju tretjega modula do napake, se na glavni krmilni plošči prižge rdeča luč.

Možne napake so:

- tlak pri IKR ni dosežen v času T5
- ventil V1 ni zaprt
- po vklopu integratorja ventil V2 ni odprt
- tlak pri TPR3 ni dosežen v času T6.

## 4. Modul: Naprševanje

Programski modul vklopi visokonapetostni napajalnik. Po dosegu nastavljene vrednosti coulombov na integratorju se le-ta in visokonapetostni napajalnik izklopita. Sledi zaprtje ventilov V2 in V6. Če pride pri izvajanju četrtega modula do napake, se na glavni krmilni plošči prižge rdeča luč.

Možne napake so:

- po dosegu nastavljenega števila coulombov na integratorju se ventila V2 in V1 ne zapreta.

## 5. Modul: Nov cikel

Po dosegu časa T8 se ventil V3 odpre za čas T9. Sistem je pripravljen za nov cikel. Nato se lahko zvon dvigne.

## 3 Izvedba in preizkus

Po shemi (slika 1) so bile izdelane konstrukcijske risbe in spisek elementov. Izdelava nestandardnih delov ter montaža sistema je bila na IEVT-ju, kjer so bili izvedeni tudi vsi preskusi in meritve. Tesnost vakuumskih sestavnih delov in pnevmatskih elementov je bila izmerjena na detektorju netesnosti UL 100 PLUS, Leybod.

## 4 Sklep

Izdelan je bil avtomatski visokovakuumski sistem s stekleno komoro za laboratorijsko naprševanje. Flowchart celotnega procesa smo prilagodili zahtevam kupca. S PLC-jem SIMATIC je bilo krmiljenih 9 ventilov, 2 črpalke, 4 merilne glave, 4 inštrumenti ter mikrostikalo za dvig komore. Krmiljenje procesa je vodeno s komandne plošče, nastavitvev posameznih parametrov (časovnih in tlačnih) pa z uporabniškim vmesnikom OP393-III, Siemens.

## 5 Literatura

- <sup>1</sup>J. L. Ryans, D. L. Roper: *Process Vacuum System Design & Operation*, McGraw-Hill Book Company, 1986
- <sup>2</sup>Navodila proizvajalcev uporabljene PLC in druge opreme (Siemens, Omron, Balzers, Leybold...)
- <sup>3</sup>Skripta, video in zapiski s seminarja o industrijski avtomatizaciji, Sunnyvale, CA, maj 1995