

VI. Приложение на универсални симулатори при определяне на областта на работоспособност и при автоматизирана диагностика на електронни схеми

6.1. Методи за автоматизирана диагностика. Локализация и идентификация на неизправности.

6.2. Отчитане на производствените толеранси в процеса на диагностика. Предсказване на неизправности

6.1. Методи за автоматизирана диагностика. Локализация и идентификация на неизправности.

Неизправност – физически дефект, който води до неправилно функциониране.

Тест – процедура *за откриване, локализиране или идентифициране* на неизправности.

- ❑ **Откриване** на неизправности – установяване наличието на неизправности.
- ❑ **Локализиране** на неизправности – определяне на неизправния елемент (функционален блок, компонент)
- ❑ **Идентифициране** на неизправности – определяне на променената стойност на параметъра на неизправния компонент
- ❑ **Тестови възли** – схемни възли, към които е възможно да се включи измервателно устройство.

Типове неизправности:

- ❑ **Параметрични (меки)** – стойността на параметъра се отклонява извън диапазона на производствените толеранси;
- ❑ **Катастрофални (твърди)** – тип късо съединение, прекъсната верига.

Типове неизправности в зависимост от кратността:

- ❑ **Еднократни** (неизправен е един елемент)
- ❑ **Многократни** (неизправни са едновременно няколко елемента).

Типове неизправности в зависимост от взаимовръзката помежду им:

- **Независими неизправности:** Две или повече неизправности са независими, ако възникването на една от тях не води до възникване на друга.
- **Зависими неизправности:** Две или повече неизправности са зависими, ако възникването на една от тях води до възникване на други.

Методи за автоматизирана диагностика:

- ❑ на база на измерване по **постоянен ток**;
- ❑ чрез анализ в **честотна област**;
- ❑ чрез изследване във **времева област**;
- ❑ чрез **символен анализ**;
- ❑ **спектрални методи**;
- ❑ чрез **тестване на тока през
захранването (I_{ddq} тестване)**;

- ❑ чрез **декомпозиция на изправни и неизправни елементи;**
- ❑ чрез **анализ на диагностичен модел на неизправната схема;**
- ❑ чрез **генериране на неизправности;**
- ❑ чрез **съставяне на речник на неизправности;**
- ❑ чрез **невронни мрежи;**
- ❑ чрез **анализ на чувствителността;**
- ❑ чрез **оптимизационни подходи и др.**

□ **Типове тестове**

- **Функционален тест:** Проверка на функционирането на модулите при нормални условия на работа
- **Статичен тест:** Проверка на установените състояния на тестваната система
- **Динамичен тест:** Проверка на динамичните характеристики на тестваната система при нормални условия на работа (изследват се преходни процеси)

Наблюдаемост на неизправности на аналогови схеми

- Концепцията за наблюдаемост на неизправности се въвежда за изследване на диагностируемостта на аналогови схеми чрез изследване на честотни характеристики за различни честоти;**
- Алгоритъмът определя тестовите честоти и тестовите възли с цел да се увеличи наблюдаемостта на неизправностите.**

Наблюдаемост на неизправности:

Наблюдаемостта на неизправности на елемента x_j се дефинира като чувствителността на изходния параметър T_j по отношение на промяната на елемента x_j

Маскиране на неизправности

Две неизправности са **напълно маскирани, ако стойностите на техните чувствителности са равни и имат противоположни знаци за всички честоти.**

Две неизправности са **частично маскирани, ако стойностите на техните чувствителности са равни и имат противоположни знаци в даден честотен диапазон.**

Доминиране на неизправности

Незправността F_1 изцяло доминира над незправността F_2 в даден тестов възел n , ако чувствителността на изходния сигнал във възела n по отношение на неизправността F_1 е много по-голяма от чувствителността на изходния сигнал по отношение на неизправността F_2 за всички честоти.

Еквивалентност на неизправности

- Две неизправности са **еквивалантни**, ако имат приблизително еднакви стойности на чувствителността (стойностите на чувствителността са от един и същи порядък) за всички честоти.
- Ако две неизправности са еквивалентни, ние не можем да разграничим ефекта от съществуването им върху тестовия възел.

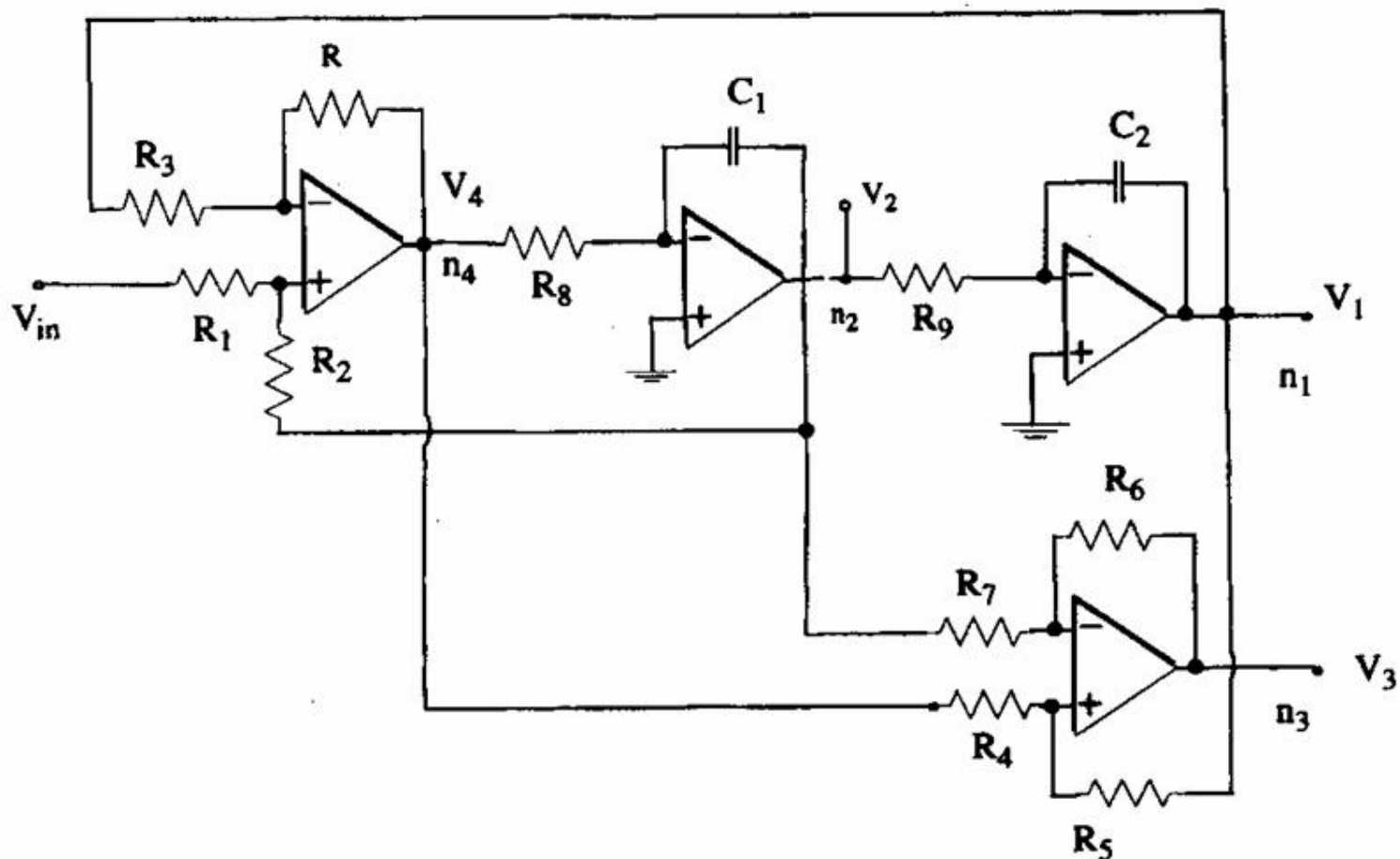
Изолиране на неизправности

Две неизправности F_1 и F_2 могат да бъдат изолирани една от друга на изходния възел n , ако чувствителността S_1 на изходния сигнал във възела n по отношение на неизправността F_1 е различна от 0 когато чувствителността S_2 на изходния сигнал във възела n по отношение на неизправността F_2 е равна на нула за даден честотен интервал $([f_1 - f_2])$.

Ненаблюдаеми неизправности

- Дадена неизправност е ненаблюдаема в тестовия възел n , ако чувствителността на изходния сигнал във възела n по отношение на неизправността F е равна на нула за всички честоти.
- Изборът на тестови възли и тестови честоти може да се извърши за всеки от типовете неизправности: еднократни, двукратни, многократни.

Пример: наблюдаемость на неисправности



State variable filter $R_1 = 10$ k, $R_2 = 20$ k, $R_3 = 10$ k, $R_4 = 10$ k, $R_5 = 100$ k, $R_6 = 10$ k, $R_7 = 30$ k, $R_8 = 45.5$ k, $R_9 = 2.2$ k, $R = 10$ k, $C_1 = 1.6$ nf, $C_2 = 1.6$ nf.

Тестови честоти

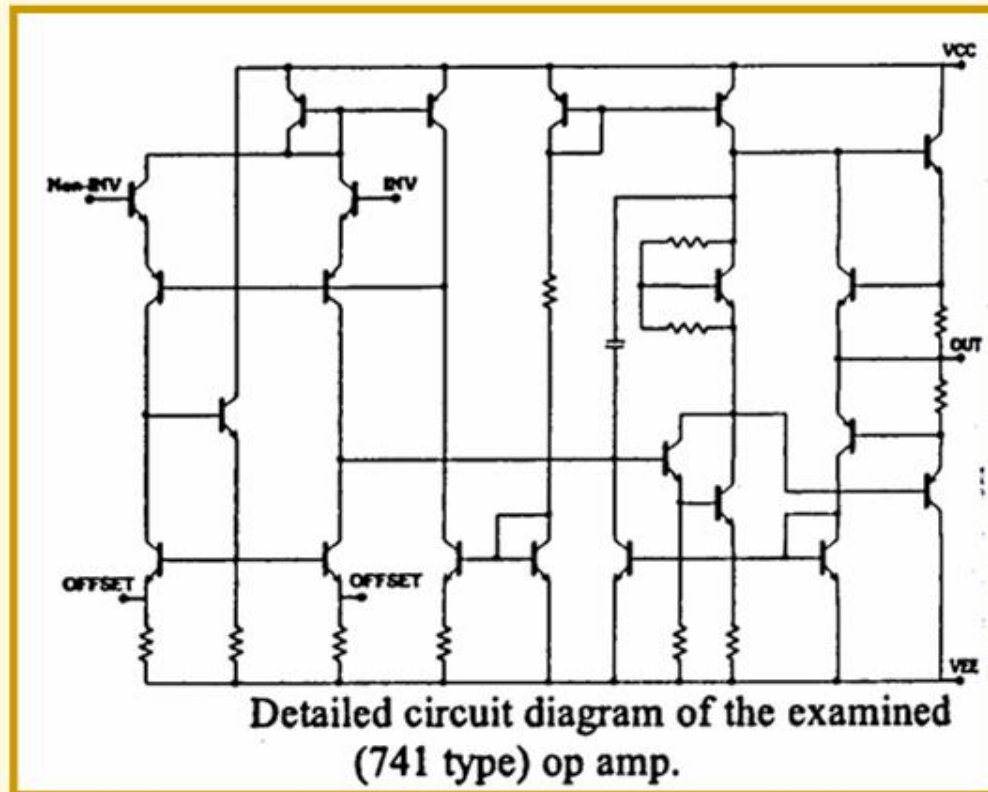
| Gain measurement (output voltage) | | | | |
|-----------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Component | Node 3 Test frequencies | Node 1 Test frequencies | Node 2 Test frequencies | Node 4 Test frequencies |
| R1 | 9.95kHz | 9.95kHz | 9.95kHz | 9.95kHz |
| R2 | 9.95kHz | 9.95kHz | 9.95kHz | 9.95kHz |
| R3 | 9.2kHz or 10.7kHz | 9.2kHz or 10.7kHz | 9.2kHz or 10.7kHz | 9.2kHz or 10.7kHz |
| R4 | 2.85kHz or 3.5kHz | N.O | N.O | N.O |
| R5 | 2.85kHz or 3.5kHz | N.O | N.O | N.O |
| R6 | 3.15kHz | N.O | N.O | N.O |
| R7 | 3.15kHz | N.O | N.O | N.O |
| R8 | 9.2kHz or 3.54 kHz | 9.2kHz or 10.7kHz | 9.91kHz or 10.7kHz | 9.2kHz or 10.7kHz |
| R9 | 9.2kHz or 3.4kHz | 9.2kHz or 10.7kHz | 9.2kHz or 9.91kHz | 9.2kHz or 10.7kHz |
| R | 9.2kHz or 10.74kHz | 9.2kHz or 10.74kHz | 9.2kHz or 10.74kHz | 9.2kHz or 10.74kHz |
| C1 | 9.2kHz or 3.54kHz | 9.2kHz or 10.74kHz | 9.2kHz or 10.74kHz | 9.2kHz or 10.74kHz |
| C2 | 9.2kHz or 3.4kHz | 9.2kHz or 10.74kHz | 9.2kHz or 10.74kHz | 9.2kHz or 10.74kHz |

Откриване на двукратни и многократни неизправности

| Fault type | Fault | Relation | Test frequency |
|------------|--|--------------------------------|----------------------|
| Double | (R1, R2) | Totally masked | N.O |
| | (R6, R7) | Totally masked | N.O |
| | (R4, R5) | Totally masked | N.O |
| | (R, R3) | Partially masked | 9.94kHz |
| | (R1, R4), (R1, R5), (R2, R4), (R2, R5) | Isolated | 9.95kHz and 2.85kHz |
| | (R1, R6), (R1, R7), (R2, R6) | Isolated | 9.95kHz and 3.15kHz |
| | (R3, R4), (R3, R5) | Isolated | 10.74kHz and 2.85kHz |
| | (R8, R) | Only R8 can be isolated from R | 3.54kHz |
| | (R9, R) | Only R9 can be isolated from R | 3.4kHz |
| | (C1, R) | Only C1 can be isolated from R | 3.54kHz |
| | (C2, R) | Only C2 can be isolated from R | 3.4kHz |
| | (C2, R2) | C2 dominates R2 | 9.2kHz or 3.4kHz |
| | (R8, R2) | R8 dominates R2 | 9.2kHz or 3.54kHz |
| | (R9, R2) | R9 dominates R2 | 9.2kHz or 3.4kHz |
| | (R8, R1) | R8 dominates R1 | 9.2kHz or 3.54kHz |
| | (R9, R1) | R9 dominates R1 | 9.2kHz or 3.4kHz |
| | (C2, R1) | C2 dominates R1 | 9.2kHz or 3.4kHz |
| | (C1, R6) | C1 dominates R1 | 9.2kHz or 3.54kHz |
| | (C2, R9) | Equivalent | 9.2kHz or 3.4kHz |
| | (R8, R9), (R8, C2), (C1, R9), (C1, C2) | Equivalent | 9.2kHz or 3.5kHz |
| (R8, C1) | Equivalent | 9.2kHz or 3.54kHz | |
| Quadruple | (R, R8, R4, R7), (R, C1, R4, R7) | Partially masked | 3.15kHz |
| | (R, R9, R4, R7), (R, C2, R4, R7) | Partially masked | 9.94kHz |
| Multiple | All components | | 3.54kHz or 9.21kHz |

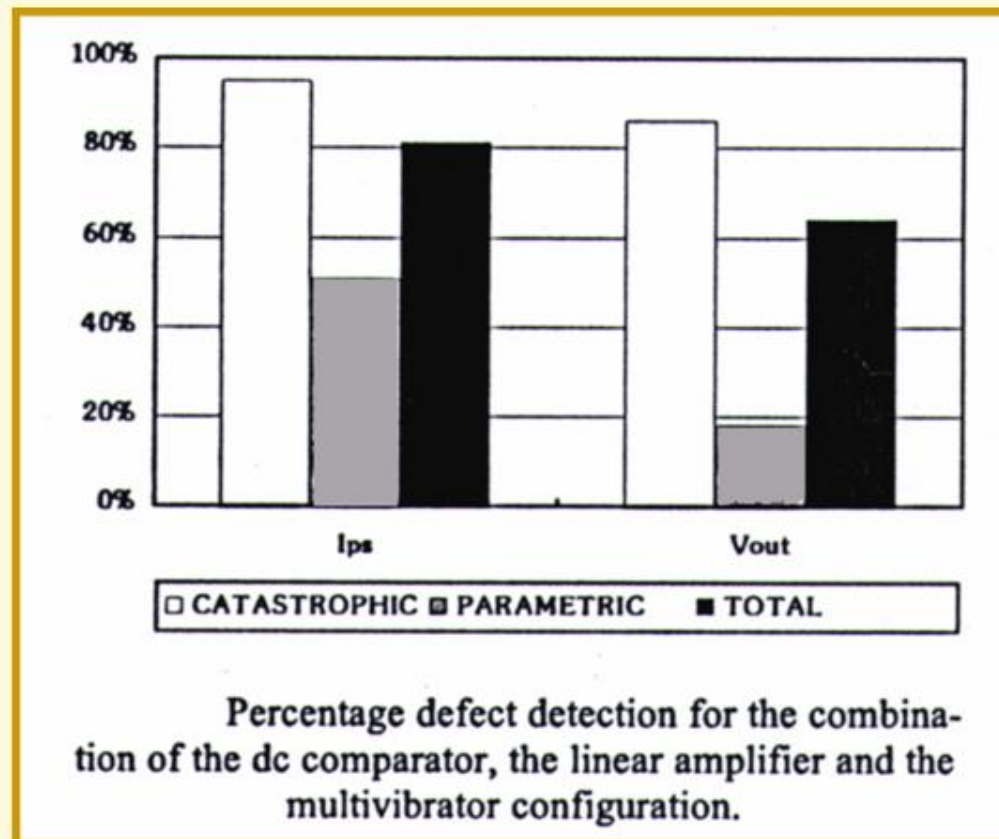
N.O.: Non Observable

Сравнение между подходите за тестване по отношение на ефективността:



**Генерирани са
чрез симулация
79 внезапни
неизправности и
39 параметрични
неизправности**

K. Papakostas and A. A. Hatzopoulos, 'Fault Detection in Linear Bipolar ICs: comparative results between Power Supply Current and Output Voltage Measurements', *Proc. IEEE Int. Symp. on Circuits and Systems*, London, 1994, Vol. 5, IEEE, New York, 1994, pp. 61 – 64.



От сравнението на резултатите между тестване чрез измерване на тока през захранването и измерване на изходното напрежение се установява, че **процентът на открити неизправности се увеличава чрез изследване на тока през захранването.**

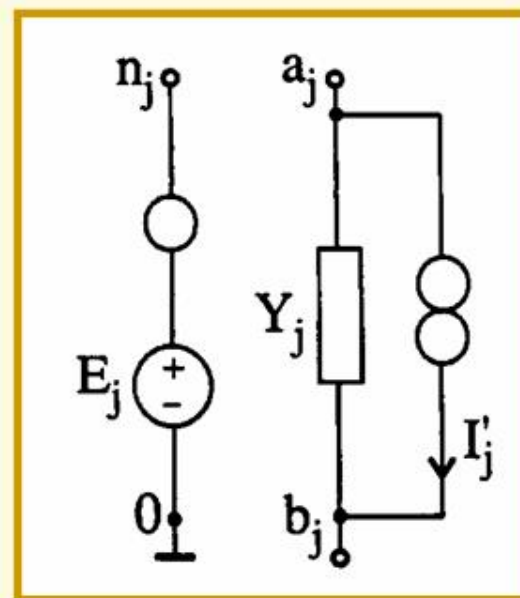
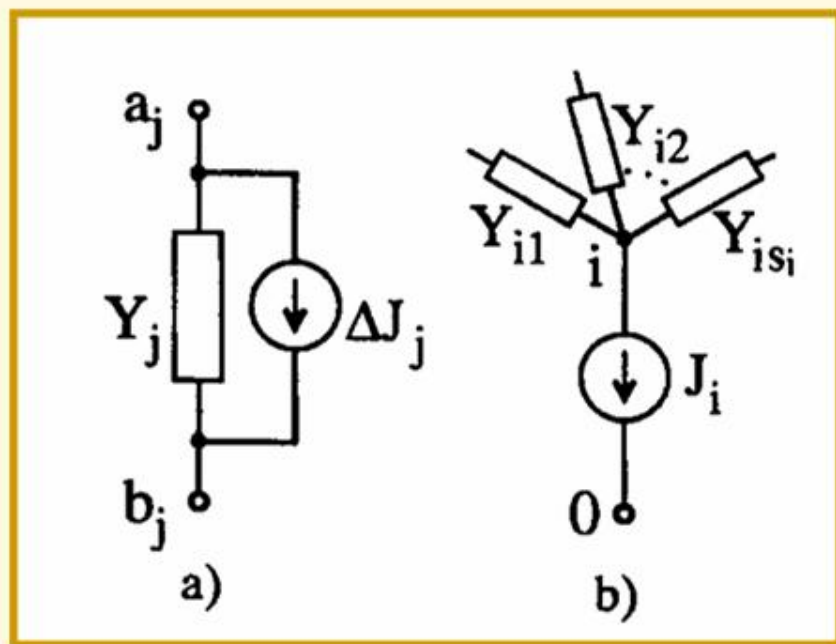
6.2. Отчитане на производствените толеранси в процеса на диагностика. Предсказване на неизправности

За оценка на влиянието на производствените толеранси при диагностиката се използва **методът с предсказване на неизправности**

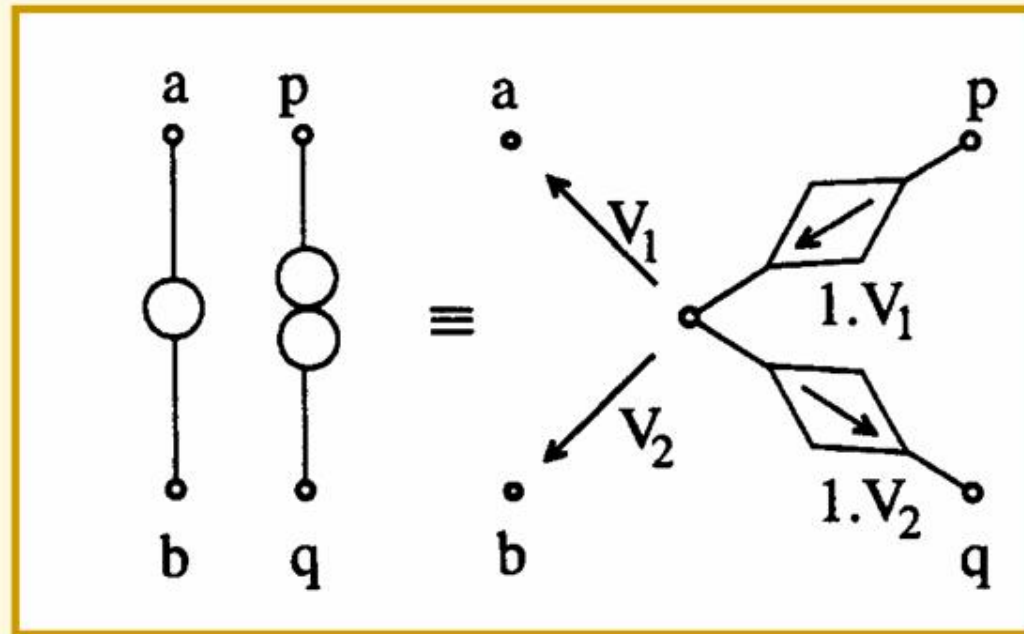
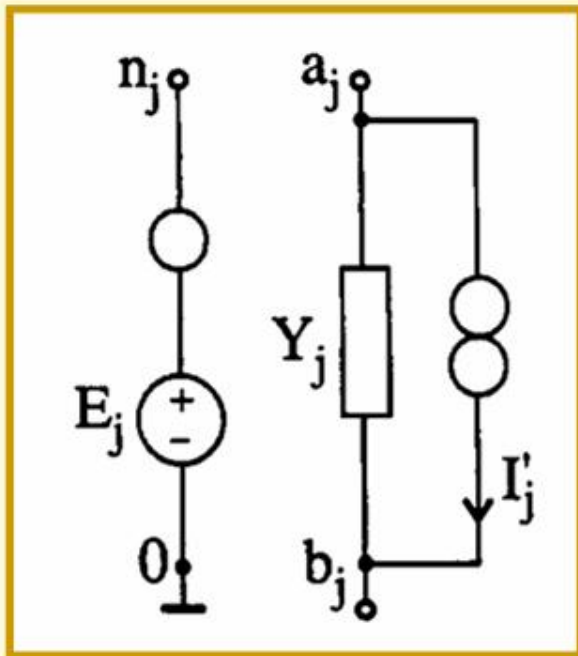
- **Методът се базира на съставяне на разликов диагностичен модел, при който се работи не на база на тестовите напрежения, а на разликите им между две последователни измервания.**
- **По този начин се елиминира влиянието на производствените толеранси в процеса на диагностиката.**

Използване на програмни продукти при диагностиката

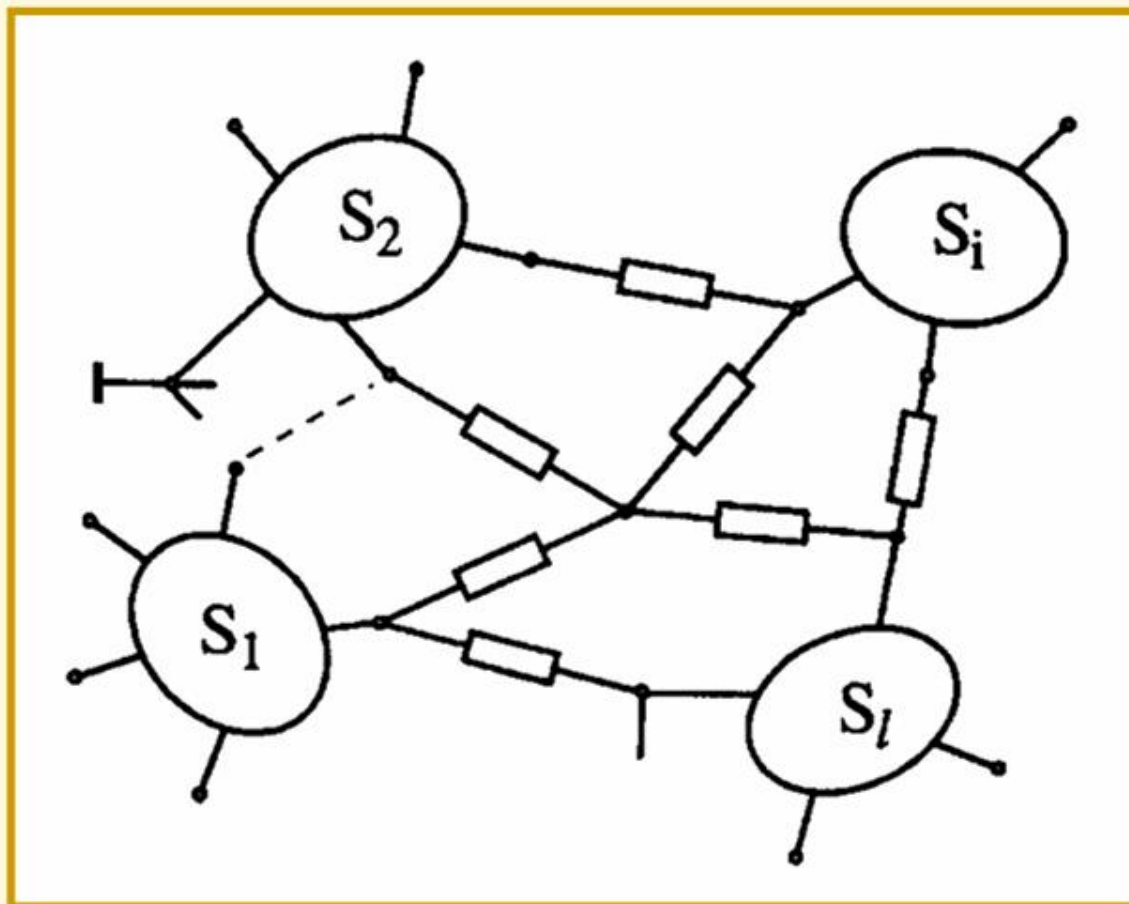
Приложение на стандартни симулатори
от типа на *PSpice* при диагностиката
на аналогови схеми



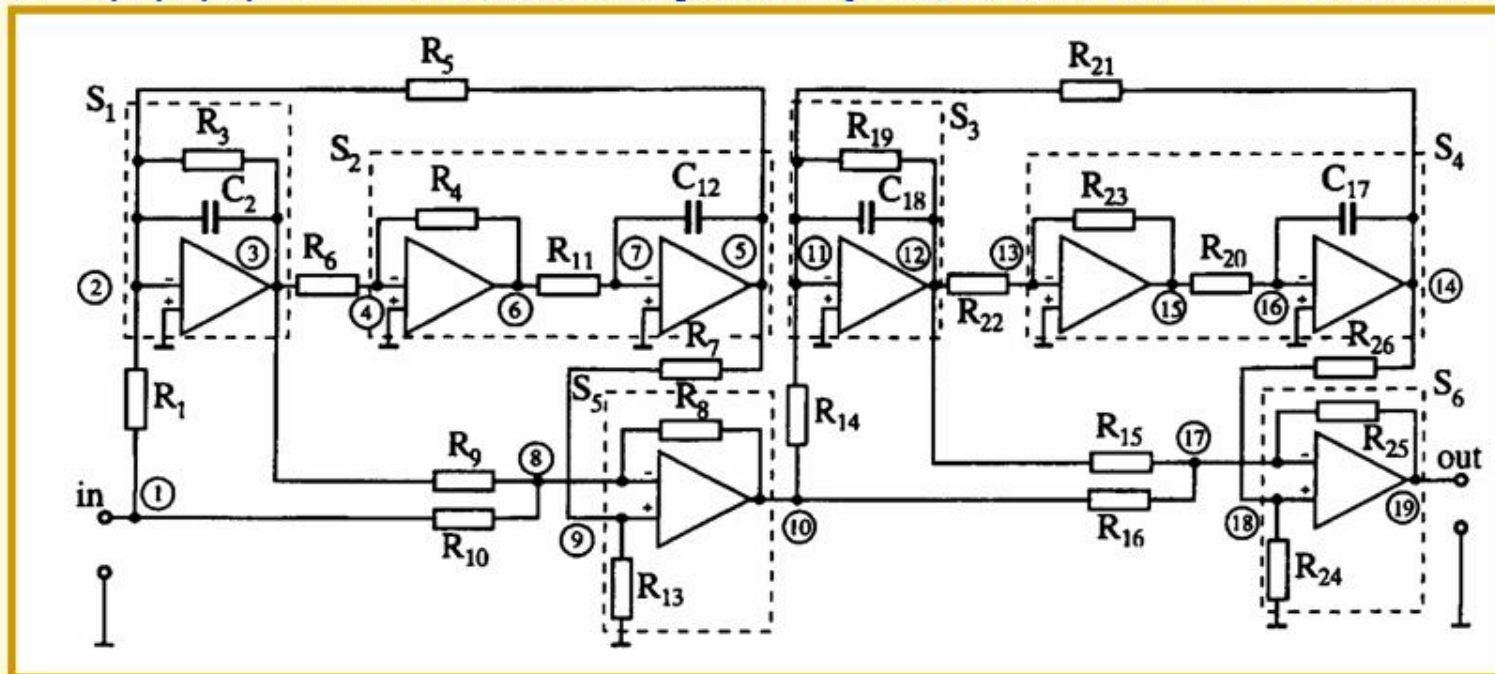
Определяне на тестовите токове



Локализация на неизправни подсхеми



Резултати за тестовите токове: диагностика на неизправните възли – възли 0,1,2,3,13 и 14 са неизправни (подсхеми S1 и S4 са неизправни)



| Node i | V_i (V) | I_i (A) |
|----------|---|---|
| 1 | $9.56 \times 10^{-1} + j3.155 \times 10^{-3}$ | $4.307 \times 10^{-3} + j1.359 \times 10^{-5}$ |
| 2 | $1.17 \times 10^{-5} + j1.38 \times 10^{-4}$ | $-4.334 \times 10^{-3} - j1.126 \times 10^{-5}$ |
| 3 | $-1.17 \times 10^{-1} - j1.328$ | $2.655 \times 10^{-5} - j2.34 \times 10^{-6}$ |
| 4 | $-1.2 \times 10^{-5} - j1.36 \times 10^{-4}$ | $0 + j0$ |
| 5 | $-25.18 + j2.167$ | $0 + j0$ |
| 8 | $-3.9281 + j0.338$ | $0 + j0$ |
| 9 | $-3.9285 + j0.338$ | $0 + j0$ |
| 10 | $-4.406 + j0.385$ | $0 + j0$ |
| 11 | $-8.86 \times 10^{-6} - j7.03 \times 10^{-5}$ | $0 + j0$ |
| 12 | $8.8 \times 10^{-2} + j0.692$ | $0 + j0$ |
| 13 | $5.44 \times 10^{-6} + j4.28 \times 10^{-5}$ | $3.5 \times 10^{-6} + j2.75 \times 10^{-5}$ |
| 14 | $8.957 - j1.12$ | $4.79 \times 10^{-2} + j0.2728$ |
| 17 | $1.0868 - j0.1358$ | $0 + j0$ |
| 18 | $1.087 - j0.1358$ | $0 + j0$ |
| 19 | $1.6012 - j0.1992$ | $0 + j0$ |
| 0 | $0 + j0$ | $-4.79 \times 10^{-2} - j0.273$ |

Използване на програмни продукти при диагностиката:

- **универсални програми** от типа на *PSpice* – при методите чрез анализ на диагностични модели;
- **специализирани програмни продукти** като *Test Designer* на *Intusoft* – позволява да се автоматизира процесът на тестване чрез автоматично генериране на неизправности. Продуктът е интегриран със симулатора на *Intusoft*.

Допълнителна литература към т. VI:

1. Test Designer, A software program from Intusoft, 1998.
2. C. Hymowitz, L. Meares, B. Halal, New Techniques for Failure Analysis and Test Program Design, intusoft.com
3. Farchy, S., Gadzheva, E., Raykovska, E., Koyoumdjiev, T. "Nullator-Norator Approach to Analogue Circuit Diagnosis Using General-Purpose Analysis Programmes", *Intern. Journal of Circuit Theory and Applications*, vol. 23, no. 6, pp. 571-587.p 1995.
4. Dimitrova, E., E.Gadjeva, A. Van den Bossche and V. Valchev, Model- Based Approach to Automatic Diagnosis Using General Purpose Circuit Simulators, IEEE International Symposium on Industrial Electronics, IEEE ISIE 2006, July 9-12, 2006, Montréal, Québec, Canada, Vol. 4, pp 2972-2977.