

# Modelarea surselor

## Tipul 1: Sursă empirică

Utilizatorul trebuie să definească funcția care descrie forma tensiunii sau a curentului produse de sursă punct cu punct cu punct, câte o valoare la fiecare moment de timp. O astfel de funcție se presupune că are valoare nulă în regim cvasi-staționar.

Linia de date pentru definirea sursei de **tip 1** este de forma:

1	2	3 ÷ 8	9 ÷ 10						61 ÷ 70	71 ÷ 79	80
<b>ITYPE</b>	<b>NUME</b>	<b>ST</b>							<b>Tstart</b>	<b>Tstop</b>	
	-	-							[s]	[s]	
I2	A6	I2							E10.6	E10.6	

Semnificația parametrilor:

**ITYPE:** poate fi un număr între 1 și 9, care specifică tipul sursei. Identificarea sursei nu se face după acest număr ci după secvența de introducere a valorilor tensiunii (sau a intensității curentului).

**NUME:** numele bornei nelegate la pământ a sursei.

**ST:** blank sau zero pentru o sursă de tensiune  
-1 pentru o sursă de curent.

**Tstart:** momentul la care sursa devine activă indiferent de faptul dacă acesta este sau nu un multiplu întreg al intervalului de calcul. Înainte de acest moment valoarea sursei este zero.

**Tstop:** momentul la care sursa devine inactivă, valoarea ei devenind zero.

Linia de date pentru specificarea valorilor sursei de tip 1:

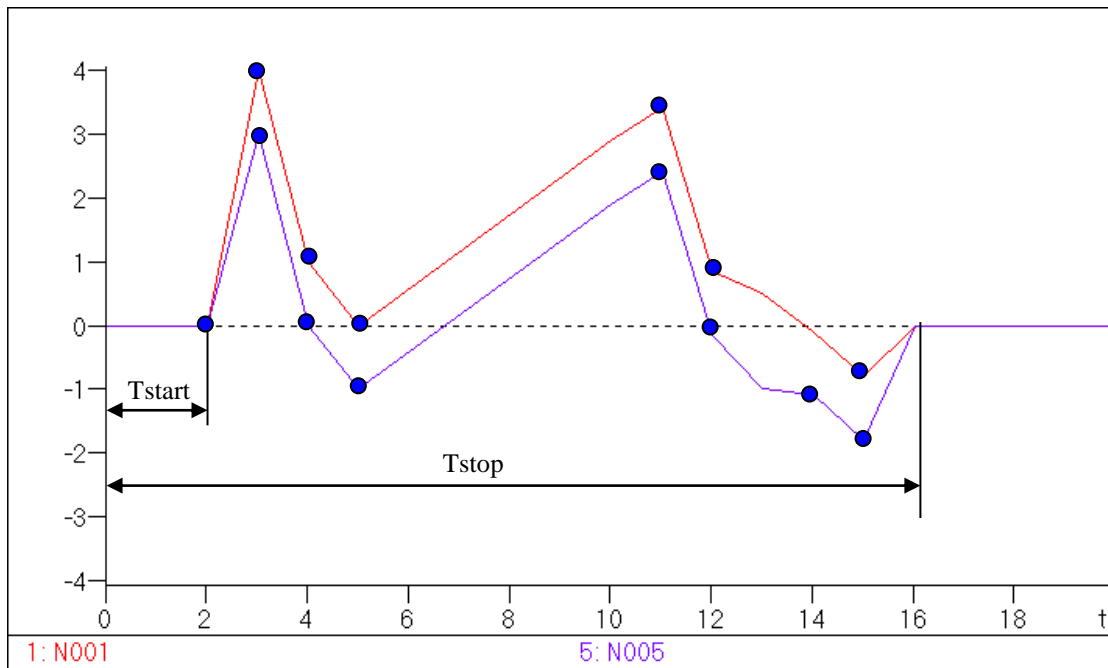
1 ÷ 8	9 ÷ 16	17 ÷ 24	25 ÷ 32	33 ÷ 40	41 ÷ 48	49 ÷ 56	57 ÷ 64	65 ÷ 72	73 ÷ 80
$V_{ki}$	$V_{ki+1}$	$V_{ki+2}$	$V_{ki+3}$	$V_{ki+4}$	$V_{ki+5}$	$V_{ki+6}$	$V_{ki+7}$	$V_{ki+8}$	$V_{ki+9}$
[V]	[V]	[V]	[V]	[V]	[V]	[V]	[V]	[V]	[V]
E8.0	E8.0	E8.0	E8.0	E8.0	E8.0	E8.0	E8.0	E8.0	E8.0

Semnificația parametrilor:

$V_{k1} .. V_{k1+9}$  : sunt valorile sursei (curent sau tensiune) pentru pasul de timp k, pentru sursele 1..9. Dacă este un pas de timp după care sursa are valoarea nulă, liniile de date de acest tip se încheie cu o linie de date marcată care conține secvența "9999" în coloanele 5-8.

Pentru fiecare pas de timp ar fi nevoie de o linie de date (dacă sunt cel mult 10 surse de acest tip) sau un grup de linii de date pentru a specifica valorile funcției la acel pas de timp.

Exemplu de semnal obținut cu ajutorul acestei funcții ATP, este ilustrat în figura de mai jos unde s-au obținut reprezentările grafice a două surse de tensiune sau de curent conectate în nodurile N001 respectiv N005 ale circuitului la care sunt conectate :



Linii de program corespunzătoare acestei forme de undă sunt:



```

C Linii de date pentru sursele din rețea
C      1      2      3      4      5      6      7      8
C 34567890123456789012345678901234567890123456789012345678901234567890
1N001                                2.      16
1N005                                2.      16
BLANK CARD ENDING SOURCES
  4.      3.      {Primul șir conține valorile pentru sursa conectată în nodul}
  1.      0.0     { N001 iar al doilea pentru sursa conectată în nodul N005}
  0.0     -1.0
-1.6     -2.6
  -2      -1.2
-0.7     -1.7
  -4      -1.4
  2.9     1.9
  3.41    2.41
  .850    -.150
  0.5     -1.
  -1      -1.1
  -1.8    -1.8
          -1.0
9999

```

## Tipul 11: Sursă treaptă

Funcția treaptă are valoarea zero în regimul cvasi-staționar și o valoare constantă precizată începând cu un moment de timp pozitiv.

Formatul liniei de date este:

1	2	3 ÷ 8	9 ÷ 10	11 ÷ 20					61 ÷ 70	71 ÷ 79	80
1	1	Nume	ST	AMPLIT					Tstart	Tstop	
-	-	-	-	[V],[A]					[s]	[s]	
		A6	I2	E10.6					E10.6	E10.6	

Semnificația parametrilor:

**11:** număr care indică tipul sursei.

**NUME:** numele bornei nelegate la pământ a sursei.

**ST:** blank sau zero pentru o sursă de tensiune

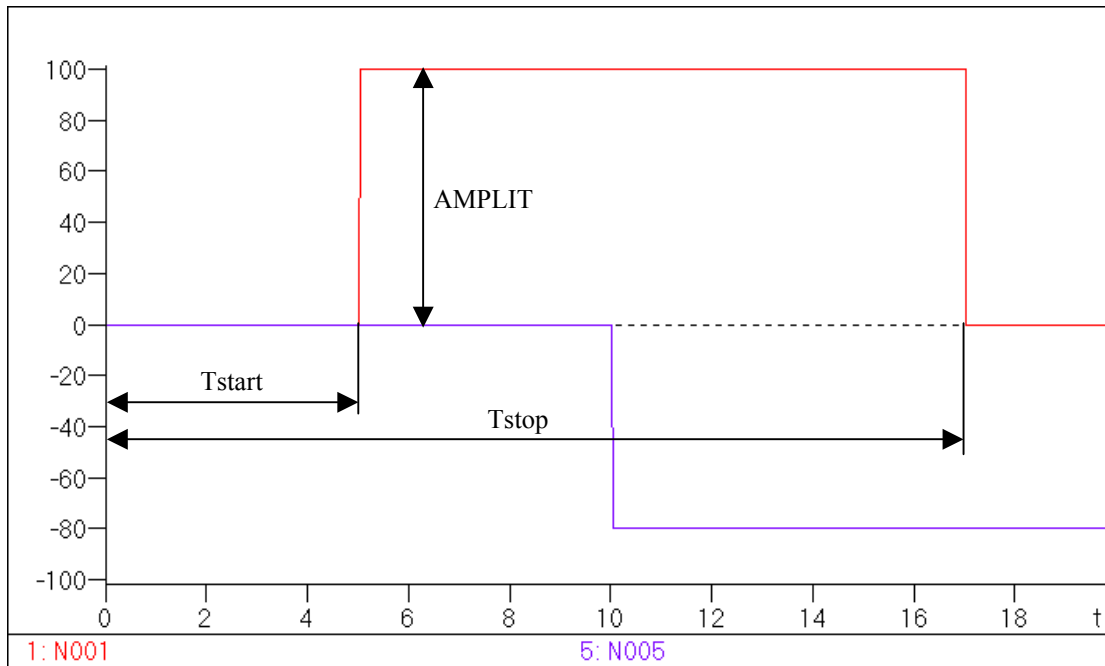
-1 pentru o sursă de curent.

**AMPLITUDINE:** amplitudinea tensiunii (curentului).

**Tstart:** momentul la care sursa devine activă indiferent de faptul dacă acesta este multiplu întreg al intervalului de calcul. Înainte de acest moment valoarea sursei este zero. Trebuie ca  $Tstart > 0$ .

**Tstop:** momentul la care sursa devine inactivă, valoarea ei devenind zero.

Un exemplu de semnal treaptă obținut cu ajutorul acestei funcții este ilustrat în figura de mai jos, unde au fost obținute două semnale treaptă unul pozitiv și unul negativ de amplitudini diferite de la două surse montate în nodul N001 respectiv N005:



Parte de program prin care s-au modelat aceste surse, în cadrul unui circuit este:



```

C      1      2      3      4      5      6      7      8
C 3456780123456789012345678901234567890123456789012345678901234567890
11N001      100.      5.      17
11N005      -80.      10.      20
BLANK CARD ENDING SOURCES

```

## Tipul 12: Sursă cu front rampă

Funcția asigură o creștere liniară de la zero la o valoare specificată, care rămâne apoi constantă. Valoarea este zero pe durata regimului cvasi-staționar.

Formatul liniei de date:

1	2	3 ÷ 8	9 ÷ 10	11÷20		31÷40			61÷70	71÷79	80
1	2	Nume	ST	AMPLIT		Tfront			Tstart	Tstop	
-	-	-	-	[V], [A]		[s]			[s]	[s]	
		A6	I2	E10.6		E10.6			E10.6	E10.6	

Semnificația parametrilor:

**12:** număr care indică tipul sursei.

**NUME:** numele bornei nelegate la pământ a sursei.

**ST:** blank sau zero pentru o sursă de tensiune

-1 pentru o sursă de curent.

**AMPLITUDINE:** amplitudinea funcției

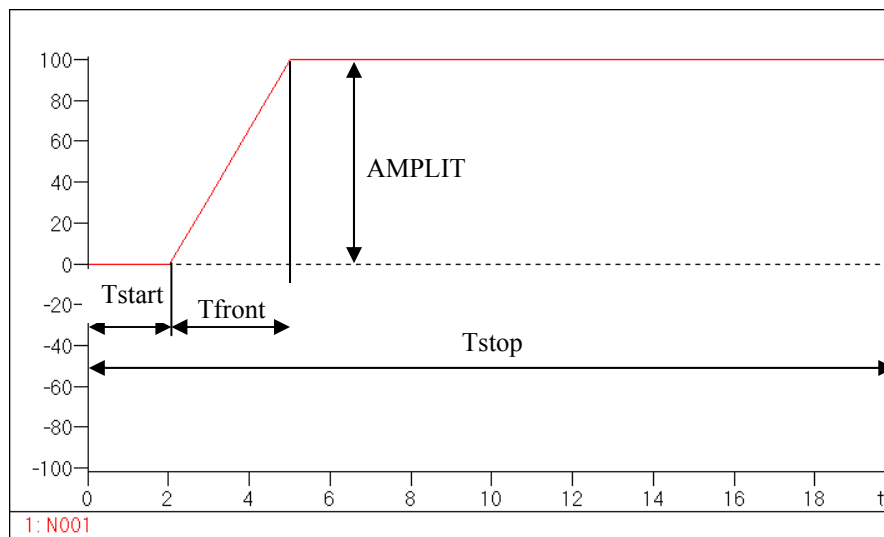
**Tfront:** durata de creștere de la zero în momentul Tstart până la amplitudinea specificată.

**Tstart:** momentul la care sursa devine activă indiferent de faptul dacă acesta este multiplu întreg al intervalului de calcul. Înainte de acest moment valoarea sursei este zero.

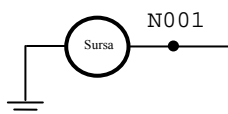
Trebuie ca Tstart > 0

**Tstop:** momentul la care sursa devine inactivă, valoarea ei devenind zero.

Exemplu de semnal rampă obținut prin simulare ATP :



Parte de program prin care se simulează sursa ce generează acest semnal este:



```

C          1          2          3          4          5          6          7          8
C 34567890123456789012345678901234567890123456789012345678901234567890
12N001          100.          3.00          2.00          30.
BLANK CARD ENDING SOURCES
  
```

### Tipul 13: Sursă de tip dublă pantă

Această funcție asigură două variații liniare: o creștere de la zero la valoarea maximă, iar apoi o scădere liniară, specificată printr-o valoare a tensiunii la un anumit moment de timp.

Formatul cartelei:

1	2	3 ÷ 8	9 ÷ 10	11÷20		31÷40	41÷50	51÷60	61÷70	71÷79	80
1	3	Nume	ST	AMPLIT		Tfront	A1	Tspate	Tstart	Tstop	
-	-	-	-	[V], [A]		[s]	[V], [A]	[s]	[s]	[s]	
		A6	I2	E10.6		E10.6	E10.0	E10.0	E10.6	E10.6	

Semnificația parametrilor:

**13:** număr care indică tipul sursei.

**NUME:** numele bornei nelegate la pământ a sursei.

**ST:** blank sau zero pentru o sursă de tensiune; -1 pentru o sursă de curent.

**AMPLITUDINE:** amplitudinea funcției

**Tfront:** durata de creștere de la zero în momentul Tstart până la amplitudinea specificată.

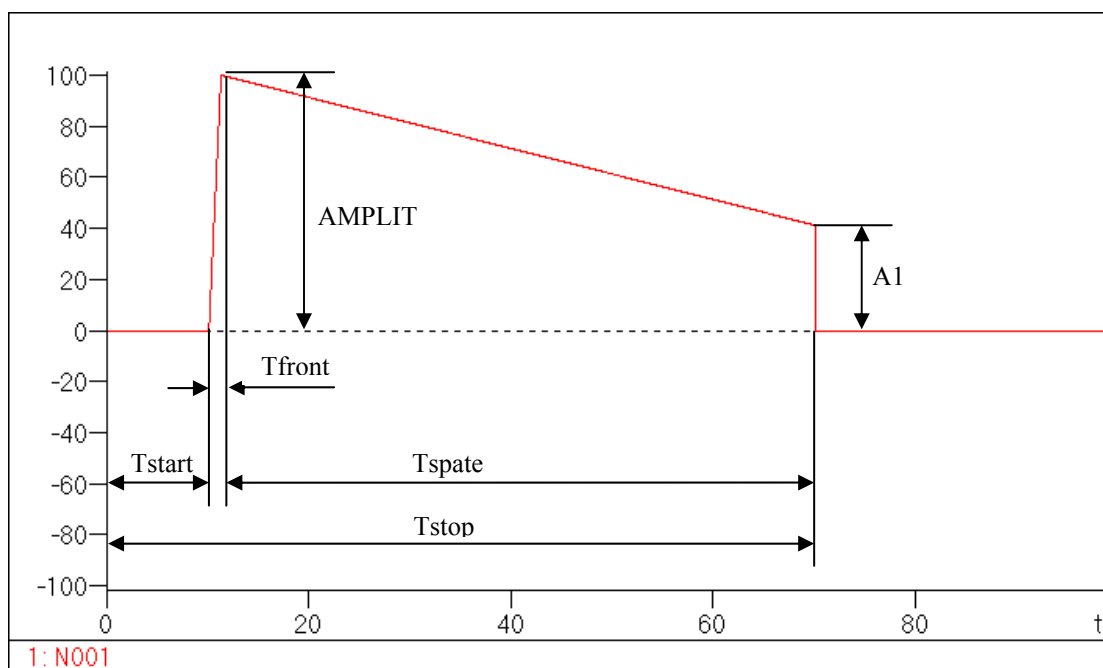
**A1:** valoarea funcției la momentul Tspate.

**Tspate:** momentul în care este atinsă valoarea A1. acest moment se definește în raport cu Tstart.

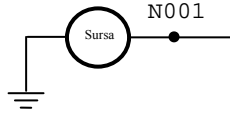
**Tstart:** momentul la care sursa devine activă indiferent de faptul dacă acesta este multiplu întreg al intervalului de calcul. Înainte de acest moment valoarea sursei este zero. Trebuie ca Tstart > 0.

**Tstop:** momentul la care sursa devine inactivă, valoarea ei devenind zero.

Exemplu de semnal de tip dublă pantă obținut de la o sursă de acest tip este:



Liniile de program corespunzătoare care definesc sursa ce furnizează un astfel de semnal sunt:

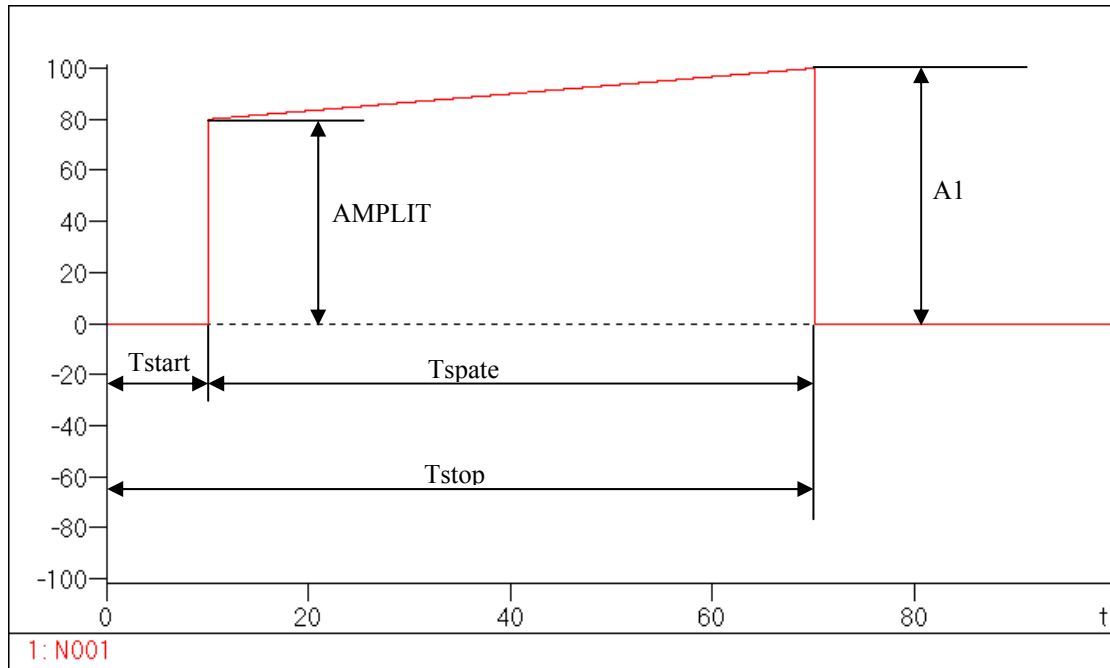


```

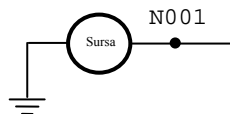
C      1      2      3      4      5      6      7      8
C 3456780123456789012345678901234567890123456789012345678901234567890
13N001      100.      3.0      50.      51.2      10.      70.
BLANK CARD ENDING ELECTRIC NETWORK SOURCE CARDS

```

Un caz particular al acestei funcții este  $T_{front} = 0$ . În acest caz, valoarea inițială a tensiunii nu mai este nulă. Există numai al doilea segment liniar al funcției. Nu este impus ca panta acestui segment să fie negativă. Exemplu de astfel de semnal obținut prin simulare ATP:



Liniile de program corespunzătoare care definesc sursa ce furnizează un astfel de semnal sunt:



```

C      1      2      3      4      5      6      7      8
C 3456780123456789012345678901234567890123456789012345678901234567890
13N001      80.      100.      60.      10.      70.
BLANK

```

## Tipul 14: Sursa cvasi-staționară

Numai acest tip de sursă este activ pe durata regimului cvasi-staționar. Ca indicație a acestui fapt  $T_{start} < 0$ .

Pentru funcția normală sinusoidală, linia de date de intrare este:

1	2	3 ÷ 8	9 ÷ 10	11÷20	21÷30	31÷40	41÷50		61÷70	71÷79	80
1	4	Nume	ST	AMPLIT	Frecv.	Faza	A1		Tstart	Tstop	
-	-	-	-	[V], [A]	[Hz]	[grade]	-		[s]	[s]	
-	-	A6	I2	E10.6	E10.6	E10.6	E10.0		E10.6	E10.6	

Semnificația parametrilor:

**14:** număr care indică tipul de sursă.

**NUME:** numele bornei nelegate la pământ a sursei.

**ST:** blank sau zero pentru o sursă de tensiune

-1 pentru o sursă de curent.

**AMPLITUDINE:** valoarea de vârf a semnalului.

**Frecvența:** în Hz.

**Faza:** faza inițială în grade sau secunde, în funcție de A1.

**A1:** parametru care specifică dacă unitatea de măsură a fazei este secunda sau gradul:

- 0 - faza în grade -  $\sin(2\pi ft + \phi)$
- $> 0$  faza în secunde -  $\sin 2\pi f(t + \phi)$ .

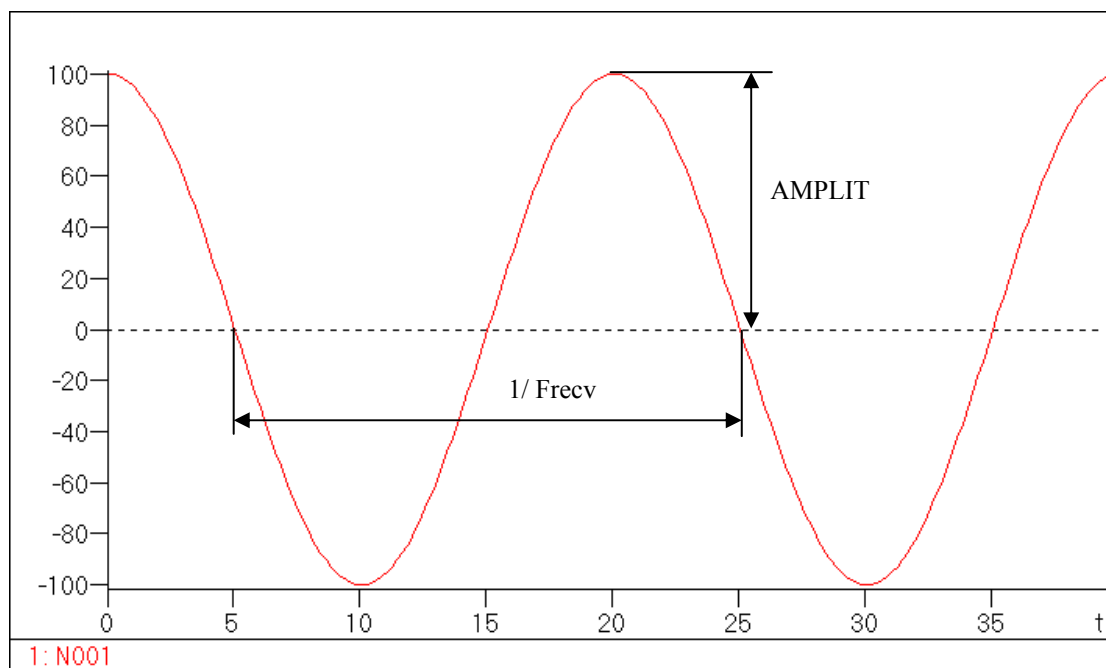
**Tstart:** momentul la care sursa devine activă indiferent de faptul dacă acesta este multiplu întreg al intervalului de calcul. Înainte de acest moment valoarea sursei este zero.

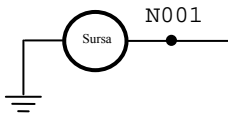
Pentru a fi în funcție și în regimul cvasi-staționar, trebuie ca  $T_{start} < 0$ .

**Tstop:** momentul la care sursa devine inactivă, valoarea ei devenind zero.

Deși o sursă absolut continuă nu este admisă pentru regimul cvasi-staționar, totuși o sursă aproape continuă poate fi creată prin alegerea unei frecvențe deosebit de coborâte (0,001 Hz sau 0,0001 Hz). Aceasta este suficient pentru rezolvarea problemelor ingineresti, iar programul poate lucra cu asemenea frecvențe.

Exemplu de semnal sinusoidal obținut de la o sursă de tip cvasi-staționară este:

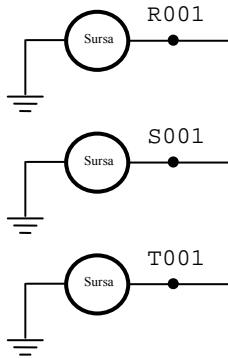




C	1	2	3	4	5	6	7	8
C	34567890123456789012345678901234567890123456789012345678901234567890							
14N001		100.	50.				-1.	4.0

BLANK CARD ENDING ELECTRIC NETWORK SOURCE CARDS

Sursă trifazată de 50 Hz având tensiunea de serviciu de 110 kV:



C	1	2	3	4	5	6	7	8
C	34567890123456789012345678901234567890123456789012345678901234567890							
14R001		100429.000	50.0	0.0			-1.0	20.0
14S001		100429.000	50.0	-120.0			-1.0	20.0
14T001		100429.000	50.0	120.0			-1.0	20.0

BLANK



## Tipul 15 - Sursa de tip impuls

Semnalele de forma impulsurilor aperiodice pot fi modelate printr-o funcție exponențială sau prin două funcții exponențiale.

### Funcția dublu exponențială

Ecuția funcției este  $f(t) = \text{Amplit}(e^{At} - e^{Bt})$

Formatul liniei de date este:

1	2	3 ÷ 8	9 ÷ 10	11 ÷ 20	21 ÷ 30	31 ÷ 40			61 ÷ 70	71 ÷ 79	80
1	5	Nume	ST	AMPLIT	A	B			Tstart	Tstop	
-	-	-	-	[V], [A]	-	-			[s]	[s]	
-	-	A6	I2	E10.6	E10.6	E10.6			E10.6	E10.6	

Semnificația parametrilor:

**15:** numărul care indică tipul sursei.

**NUME:** numele bornei nelegate la pământ a sursei.

**ST:** blank sau zero pentru o sursă de tensiune  
-1 pentru o sursă de curent.

**AMPLITUDINE:** valoarea primei exponențiale la momentul zero și pe care a doua exponențială o atinge la timp infinit. Nu corespunde valorii de vârf a funcției.

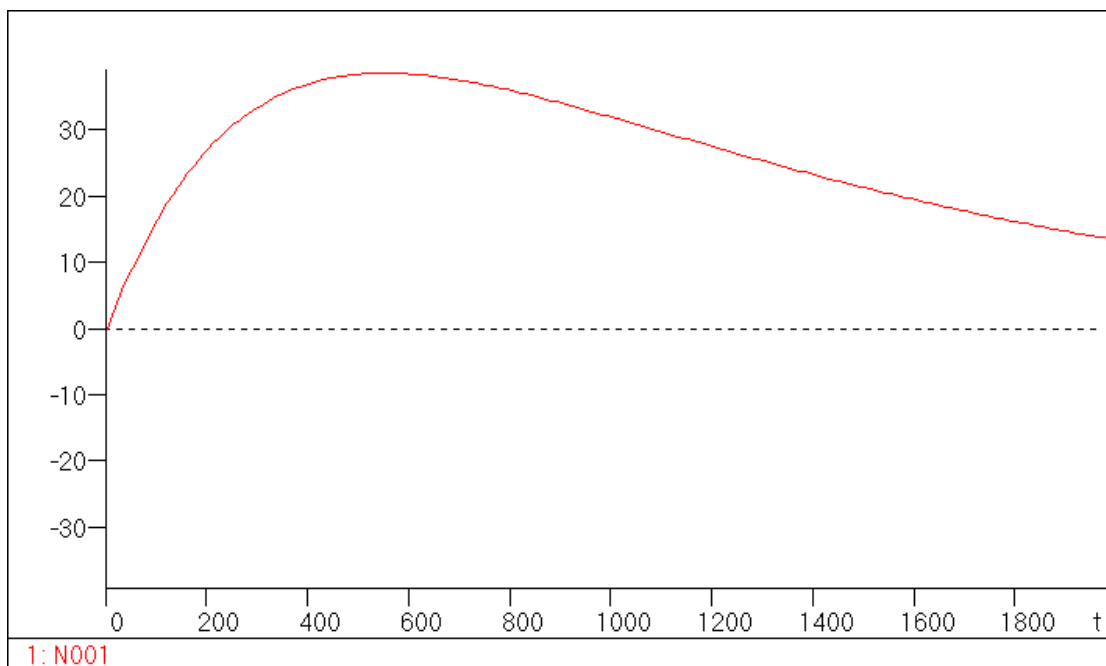
**A:** număr negativ care specifică panta descrescătoare.

**B:** număr negativ care specifică panta crescătoare.

**Tstart:** momentul la care sursa devine activă indiferent de faptul dacă acesta este multiplu întreg al intervalului de calcul. Înainte de acest moment valoarea sursei este zero.  
Pentru a fi în funcție și în regimul cvasi-staționar, trebuie ca  $Tstart < 0$ .

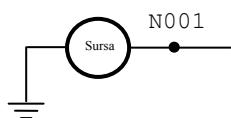
**Tstop:** momentul la care sursa devine inactivă, valoarea ei devenind zero.

Dacă A și B nu sunt negative, funcția are creștere permanentă. Dacă unul dintre acești parametri este nul, rezultă o funcție exponențială, utilă în unele situații.



Exemplu de semnal obținut cu ajutorul acestei funcții ATP, este ilustrat în figura de mai sus.

Liniiile de program ATP, ce modelează sursa de impuls bazată pe funcția dublă exponențială, care generează semnalul reprezentat mai sus sunt:



```

C          1          2          3          4          5          6          7          8
C 34567890123456789012345678901234567890123456789012345678901234567890
C Linii de date pentru sursele din rețea
15N001      100.      -1.0      -3.0
BLANK CARD ENDING ELECTRIC NETWORK SOURCE CARDS
  
```

**Funcția tip 15** anterioară are unele **dezavantaje**:

- ✓ prezintă panta maximă la momentul inițial, ceea ce nu este cazul pentru forma propusă de CIGRE pentru impulsul de trăsnet.
- ✓ este incomod ca valoarea amplitudinii de pe linia de date de date să nu fie cea reală;
- ✓ pot apare oscilații numerice datorită diferenței a două exponențiale.

## Funcția simplu exponențială

Modelul de impuls redat printr-o singură exponențială are ecuația:

$$i(t) = \frac{I_0}{\eta} \frac{k^n}{1+k^n} e^{t/\tau}, \quad \text{în care } k = \frac{t}{\tau_1}.$$

$\tau_1$  - este constanta de timp pe front, proporțională cu durata frontului;

$\tau$  - este proporțional cu durata de semiamplitudine a impulsului;

$I_0$  - este valoarea de vârf;

$\eta$  - este o constantă de ajustare;

$n$  - influențează viteza de creștere și momentul de timp la care apare panta maximă pe front. Cu mărirea lui  $n$ , acest moment se deplasează dinspre vârf către semiamplitudine pe front.

Acest model este destul de exact pentru unda 1,2/50, dar nu este recomandat pentru unda cu spate la fel de scurt ca și frontul.

Formatul liniei de date:

1	2	3 ÷ 8	9 ÷ 10	11÷20	21÷30	31÷40	41÷50		61÷70	71÷79	80
1	5	Nume	ST	AMPLIT	Tfront	$\tau$	N		Tstart	Tstop	
-	-	-	-	[V], [A]	[s]	[s]	-		[s]	[s]	
		A6	I2	E10.6	E10.6	E10.6	E10.0		E10.6	E10.6	

Parametri:

**15**: numărul care indică tipul de funcție.

**NUME**: numele bornei nelegate la pământ a sursei.

**ST**: blank sau zero pentru o sursă de tensiune

-1 pentru o sursă de curent.

**AMPLITUDINE**: valoarea maximă a funcției.

**Tfront**: durata frontului în secunde.

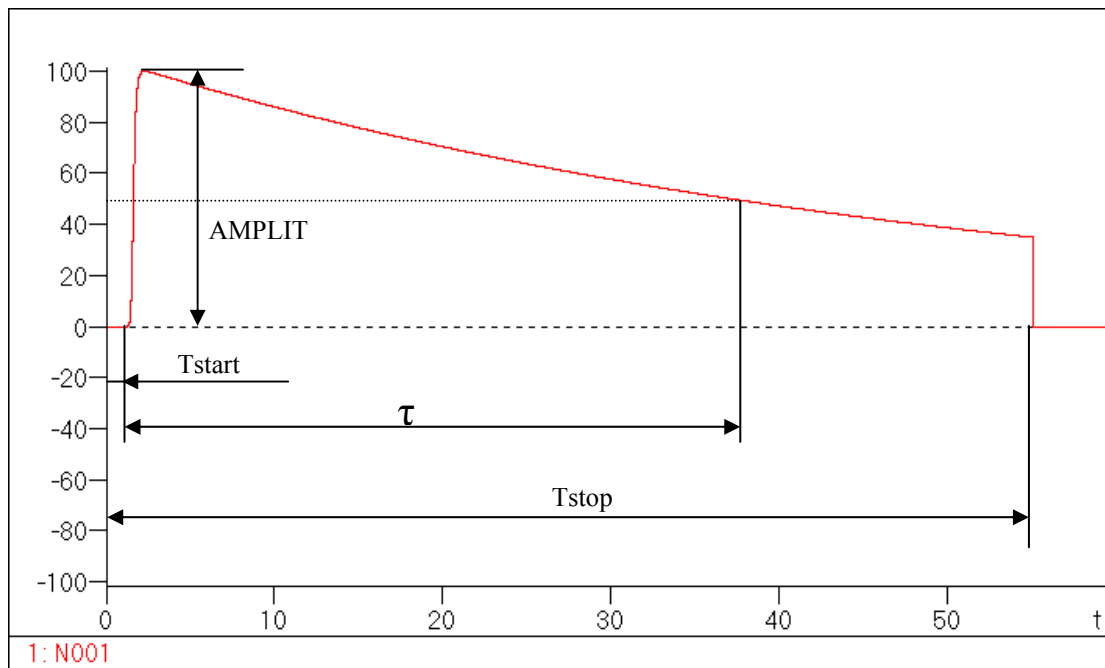
$\tau$ : durata de semiamplitudine, în secunde.

**N**: factor care influențează panta de creștere a funcției. Prin creșterea lui N crește panta pe front și se deplasează momentul pantei maxime către 50% din amplitudine. Valori rezonabile sunt 5 .. 10. A nu se specifica 0 sau blank, pentru că această valoare deosebește acest model de cel anterior.

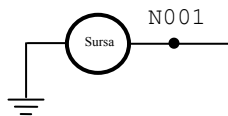
**Tstart**: momentul la care sursa devine activă indiferent de faptul dacă acesta este multiplu întreg al intervalului de calcul. Înainte de acest moment valoarea sursei este zero. Pentru a fi în funcție și în regimul cvasi-staționar, trebuie ca Tstart < 0.

**Tstop**: momentul la care sursa devine inactivă, valoarea ei devenind zero.

Exemplu de semnal, obținut prin simulare ATP a unei surse de impuls de curent/tensiune cu ajutorul funcției simplu exponențiale, este prezentat în figura de mai jos:



Liniile de program ATP corespunzătoare sursei de semnal prezentat mai sus, sunt:



```
C      1      2      3      4      5      6      7      8
C 34567890123456789012345678901234567890123456789012345678901234567890
C Linii de date pentru sursele din rețea
15N001      100.      1.2      50      7      1      55
BLANK CARD ENDING ELECTRIC NETWORK SOURCE CARDS
```

## Tipul 18 - Sursă de tensiune având ambele borne nelegate la pământ

Inițial această sursă definea un transformator ideal cu două înfășurări. Ea poate fi utilizată și ca sursă de tensiune cu ambele borne nelegate la pământ. Același format de cartelă se folosește în ambele situații.

Prin definiție, un transformator ideal este un aparat a cărui tensiuni și curenți în înfășurări stau într-un același raport, numit raport de transformare. Pe lângă această transformare ideală, sursa de tip 18 include o sursă de tensiune. Ca urmare sursa de tip 18 conține un nod intern numit BUS-X. Sursa de tensiune suplimentară inclusă se definește printr-o cartelă pentru sursă (de orice tip), așezată înaintea cartelei de tip 18.

Dacă se dorește numai un transformator ideal, se adoptă amplitudinea sursei suplimentare egală cu zero. Amplitudinea trebuie să fie pozitivă, dar poate fi oricât de mică (de exemplu, 1.0E-18). Dacă trebuie utilizată sursa în regim cvasi-staționar, se va folosi o sursă de tip 14.

Sursa suplimentară de tensiune devine nelegată la pământ, prin legarea la pământ a celor două borne secundare "k" și "m" pe cartela sursei de tip 18. Astfel nu va exista tensiune pe înfășurare, iar curentul primar al transformatorului va fi nelimitat.

Raportul de transformare "n" este arbitrar, totuși trebuie să fie pozitiv, chiar unitar.

Schema simplificată a unei astfel de sursă este:

