

## FUNKCIÓBLOKK LEÍRÁS

# Forgórész földzárlatvédelmi funkció

ANSI 64R



DOKUMENTUM AZONOSÍTÓ: PP-13-21406  
VERZIÓ: 2.0  
2020-03-10, BUDAPEST

VÉDELMEK ÉS AUTOMATIKÁK  
A VILLAMOSENERGIAIPARNAK

## VERZIÓ INFORMÁCIÓ

VERZIÓ	DÁTUM	MÓDOSÍTÁS	SZERZŐ
Előzetes	2017-01-09	Előzetes verzió	Kiss
1.0	2017-06-28	Első kiadás	Kiss, Erdős
2.0	2020-03-10	Max. gerjesztőfeszültség 1200V-ra csökkentve Hardver modulok átnevezve Új dokumentumkülső, új elrendezés	Erdős

## TARTALOMJEGYZÉK

1	Bevezetés .....	4
1.1	Működés .....	4
1.1.1	Hardver elemek, csatoló áramkörök.....	5
1.1.2	Üzem módok .....	6
1.1.3	A mérési elv sajátosságai.....	6
1.1.4	Példaműködés .....	8
2	Forgórész földzárlatvédelmi funkció áttekintés .....	9
2.1	Beállítások .....	9
2.1.1	Paraméterek .....	9
2.2	A funkcióblokk ki- és bemenetei.....	10
2.2.1	Analóg bemenetek.....	10
2.2.2	Analóg kimenetek (mérések).....	10
2.2.3	Bináris bemeneti státuszjelek (graphed output status) .....	10
2.2.4	Bináris kimeneti státuszjelek (graphed input status) .....	10
2.2.5	Online adatok .....	11
2.2.6	Események .....	11
2.3	Műszaki adatok.....	12
2.4	Megjegyzések a funkció teszteléséhez .....	12

## 1 Bevezetés

A forgórész földzárlatvédelmi funkció (RotEF, Rotor Earth Fault) olyan generátorok forgórész földzárlatvédelmére szolgál, amelyek gerjesztő tekercse szigetelt a rotor vastestéhez képest. A mért hibahelyi ellenállás független a gerjesztő feszültségtől, valamint a meghibásodás helyétől (a gerjesztő feszültség mekkora része van a hibás hurokban).

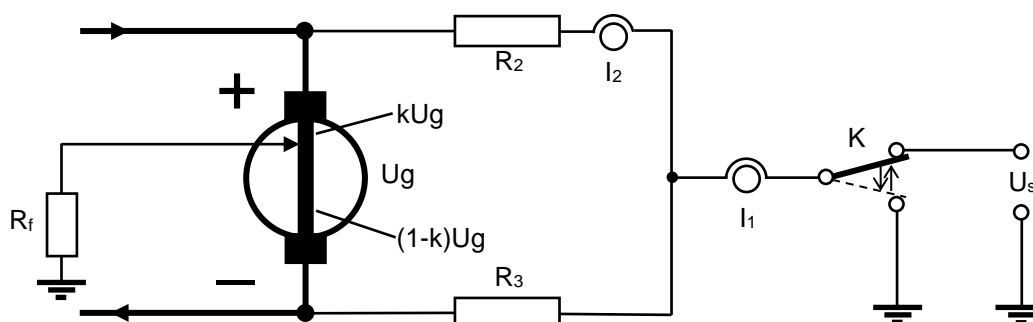
Abban az esetben, ha a gerjesztő tekercs mindkét pólusa hozzáférhető, akkor a funkció a hibahely ellenállásán kívül meghatározza a hiba helyét a pozitív kféhez képest, valamint méri a gerjesztő feszültséget is. Ez utóbbi felhasználható forgórész túlterhelés elleni védelemként egy  $U_{g>t}$  formájában.

Ha csak az egyik pólus érhető el (pl. forgódíódás gerjesztés esetében), akkor a hiba helye és a gerjesztő feszültség nem határozható meg, de a mért hibahelyi ellenállás ekkor is független tőlük.

A paraméterezéskor választhatunk a két algoritmus között.

### 1.1 Működés

A védelem ellenállás hálózaton keresztül egy 100V-os segéd feszültséget kapcsolgat periodikusan a forgórész és a föld közé, illetve a földre zárja azt (0 feszültséget kapcsol rá). Méri a rákapcsolt feszültséget, a teljes befolyó áramot és a pozitív pólusra csatlakozó ág áramát. A csatoló hálózat ellenállása és a gerjesztő kör földkapacitásai, valamint a csatoló körben lévő szűrő körök tranzienseinek lecsengése után mindkét esetben rögzíti a mért mennyiségeket. A hat adatból kiszámítható a hibahelyi ellenállás ( $R_f$ ), a zárlat helye a pozitív kapocshoz képest ( $k$ ), valamint a gerjesztő feszültség ( $U_g$ ).



1-1. ábra – Csatlakozás a generátor gerjesztőköréhez

Az ábrán K-val jelölt kapcsoló elem természetesen félvezetővel felépített áramkör. A földre csatlakozó résznek egy feszültségkorlátozó szerepe is van, hiszen bizonyos esetekben a gerjesztő feszültség érintett része emelni akarja a segéd feszültség értéket, visszafelé folyik az áram.

Abban az esetben, ha a gerjesztő körnek csak az egyik pólusához lehet hozzáférni, akkor az  $R_2$  és  $R_3$  ellenállások bal oldalát összefogva, közösen csatlakoztatjuk a forgórész körhöz.

### 1.1.1 Hardver elemek, csatoló áramkörök

A védelemben két kártya szolgálja ki a funkcióblokkot.

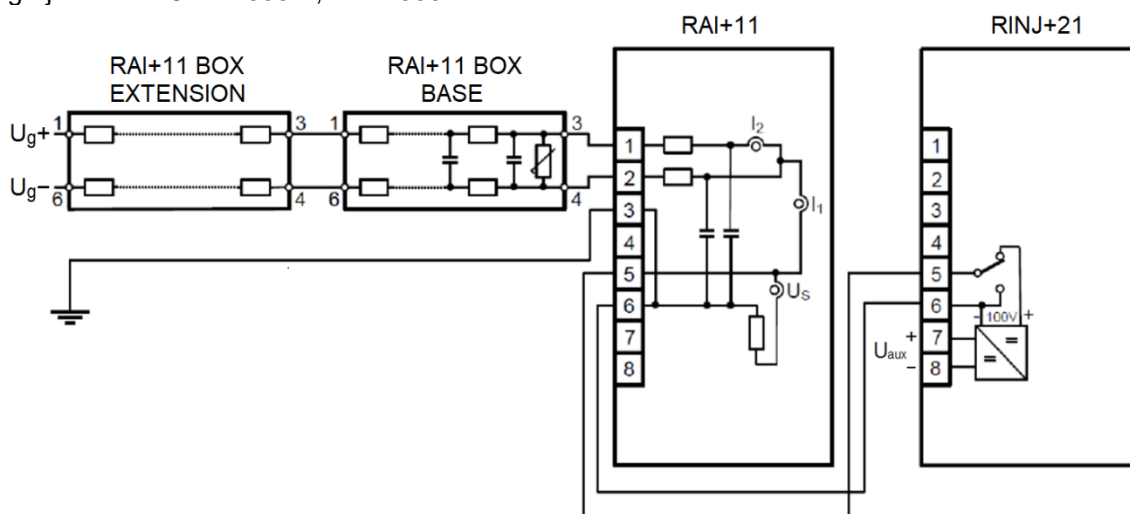
A RINJ+/21 jelűn van a 100V-os segéd feszültséget előállító DC/DC konverter, valamint a kapcsoló elektronika, amely a 100V és a 0V között váltogat.

Az RAI+/11 jelű kártya tartalmazza az  $U_s$ ,  $I_1$  és  $I_2$  áramokat galvanikusan leválasztó áramköröket, és az A/D átalakítókat. Rajta van még a csatoló ellenállás hálózat ( $R_2$ ,  $R_3$ ) első két 5 k $\Omega$ -os tagja a szűrőkondenzátorok egy részével. A leválasztást LEM (Life Energy Motion Co.) elemek valósítják meg, ezek egyenáram átvitelére is alkalmasak. Maximális megengedett áramuk 20 mA. Ez határozza meg, hogy a következőkben ismertetett csatoló egységekből egy, vagy 2 db szükséges.

A csatoló egységek egy omega sínre pattintható dobozban elhelyezett ellenállás sorból, az egyik esetében (BASE - alap) az ellenállás lánc tagjai között elhelyezett szűrő kondenzátorokból, és túlfeszültség levezetőkből állnak. A BASE jelűre mindenképpen szükség van, az ebben lévő ellenállás sor oldalanként 35 k $\Omega$ , a védelemben lévő 5 k $\Omega$ -mal együtt tehát összesen 40 k $\Omega$  a csatoló ellenállás. Ez a megoldás 600V gerjesztő feszültségig alkalmazható.

Ezen érték felett kell használni a második (EXTENSION - kiegészítő) előtét dobozt is, amiben oldalanként 30 k $\Omega$  ellenállás van, immár szűrő kondenzátorok nélkül, így a csatoló ellenállás összesen 70 k $\Omega$  oldalanként. Ez a megoldás 1200V gerjesztő feszültségig használható.

A gerjesztő körre **mindenképpen biztosított leágazáson kell csatlakozni** olyan módon, hogy a védelem a gerjesztő tekercs feszültségét kapja akkor is, ha egy átkapcsolással váltani lehet az üzemi és a szükséggerjesztő között. Az alkalmazott biztosító külön erre a célra készített legyen, hogy az itt előforduló igen nagy egyenáramot is meg tudja szakítani. Egy jellemző érték statikus gerjesztőnél:  $U_n = 1000 \text{ V}$ ,  $I_n = 2000 \text{ A}$ .



1-2. ábra – Külső (BOX) és belső (RAI és RINJ) modulok bekötése

## 1.1.2 Üzem módok

A funkciónak háromféle üzemmódja van, paraméter által meghatározva:

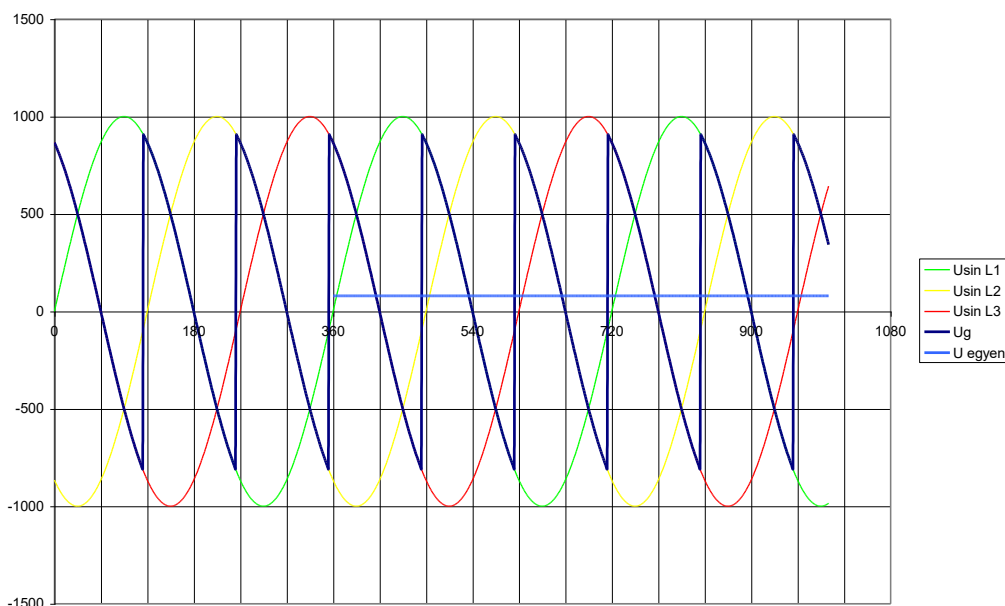
- **Kétpontos csatl.:** ha a gerjesztőkör *mindkét pólusa* hozzáférhető
- **Egypontos csatl.:** ha a gerjesztőkör *csak egy pólusa* hozzáférhető; ekkor az előtét doboz mindkét bemenetét erre a közös pontra kell kötni
- **Kalibrálás:** a csatoló ellenállások megmérésére szolgál, ekkor az előtét doboz mindkét bemenetét a földre (RAI+/11 kártya 3-as kapcsa) kell kötni, és az online oldalon olvashatók le a mért értékek

## 1.1.3 A mérési elv sajátosságai

A megvalósított mérés tulajdonképpen a hurokellenállást adja meg, a hibahelyi ellenállás és a csatoló hálózat ellenállásának (a két oldal ellenállásának párhuzamos eredője) összegét. Ebből kivonással határozzuk meg a hibahely ellenállását. Például 1 k $\Omega$  ellenállású hiba esetén, ha csak az BASE dobozt kell használnunk, akkor 21 k $\Omega$ -ot, ha mindkettőt használnunk kell, akkor 36 k $\Omega$ -ot mérünk, és a kivonás után kapjuk meg az 1 k $\Omega$ -ot. Látható, hogy igen pontos mérés esetén is a szokásosnál nagyobb relatív hiba adódik, hiszen azt mindenki a mért 1 k $\Omega$ -ra vonatkoztatja. Világos tehát, hogy *ameddig lehet, mindenképpen használjuk az egy dobozos verziót.*

A fentiek alapján a méréshez feltétlenül szükség van a csatoló hálózat két oldala ellenállásának pontos ismertére (egy része az előtét dobozokban a másik része a RAI+/11 kártyán van). Ezt meg lehet mérni magával a funkcióblokkal is úgy, hogy a gerjesztőkör plusz és mínusz ágára menő vezetékét is a földre kötjük (RAI+/11 kártya 3-as kapcsa), és a funkció üzemmódját paraméterezéskor a kalibrálási üzemre állítjuk. Ekkor az online adatok között leolvashatjuk a plusz ágra menő R2 és a mínusz ágra menő R3 értékét. Ezt a hitelesítést célszerű a védelem üzem-meleg állapotában elvégezni, hogy a LEM modulok ofszetje is beálljon a gyári hitelesítéskor fellépő értékre. A mért értékek kismértékben ingadoznak, próbáljuk az átlagértéket megjegyezni, amit a paraméterezés ablakban beírunk az R2 és R3 értékre.

Statikus gerjesztő esetén a vezérelt hídkapcsolásnak köszönhetően a gerjesztő feszültség nagyon meredek éleket tartalmazó hasogatott szinusz, a hálózati frekvencia háromszoros értékével.



1-3. ábra – Gerjesztőfeszültség összetevői (a gerjesztő transzformátor fázisfeszültségei, a szaggatott gerjesztőfeszültség és annak középértéke)

Ennek a középértéke adja a tulajdonképpeni gerjesztő feszültséget, a forgórész induktivitása simítja ki az áramot. A legnagyobb feszültségugrás épp akkor van, mikor nulla a gerjesztő feszültség. A gyújtást időben előre hozva a feszültség középértéke nő, későbbi gyújtással a polaritása át is fordítható. Ezt ki is használják a gyorsabb legerjesztés érdekében.

Látható, hogy pl. 1000 V névleges feszültség esetén a mérésre beinjektált 100 V-os feszültséghez képest a zavaró jel igen magas. Ennek előzetes kiszűrésére szolgálnak a BASE előtét dobozban és a RAI+/11 lapon található kondenzátorok, amelyek az előtét ellenállásokkal aluláteresztő szűrőt képeznek. A funkcióblokk algoritmusa további digitális szűrést tartalmaz.

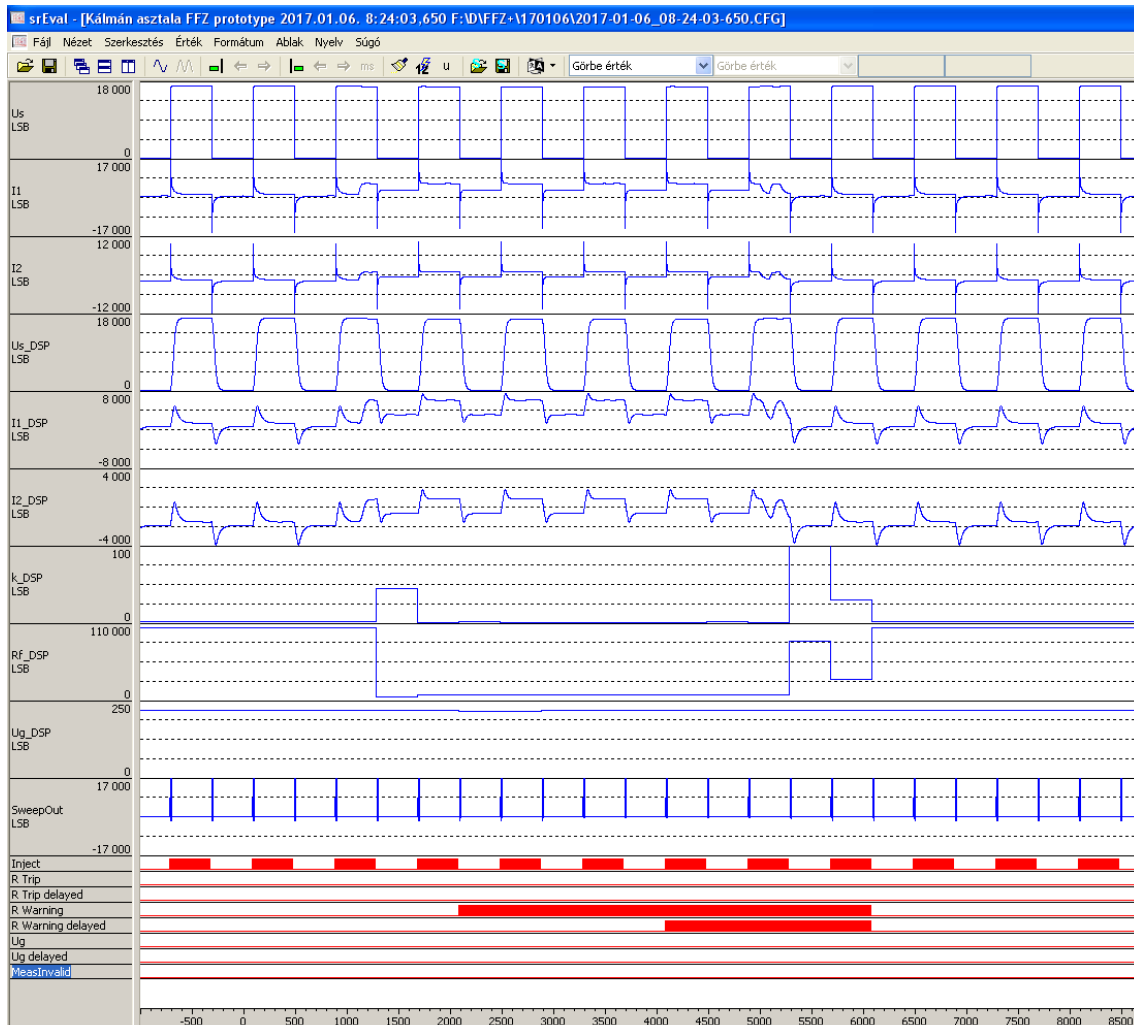
Mint az előzőekben már említettük, a mérés a 100 V-os segéd feszültség periodikus rákapcsolásával és földre kapcsolásával történik. Hogy a külső, hálózati frekvenciás zavarokat minél jobban kiszűrjük, a rákapcsolás és a földre kötés ideje (félperiódus idő) a hálózati frekvenciához tartozó periódusidő többszörösében állítható be. Ezzel a választással az értékek rögzítése a hálózathoz képest mindig azonos fázisban történik, így a számítás során az állandó zavarok kiesnek.

A méréshez minden esetben a rákapcsolt és a földelt állapot végén rögzített  $U_s$ ,  $I_1$ ,  $I_2$  értékek szükségesek. A tápfeszültség bekapcsolásakor és paraméter átíráskor ezek a táruk törlődnek, ekkor meg kell várni a két félperiódust, de a későbbiekben már minden váltáskor lehet számolni az előző két érték-hármasból. A mért érték alapján hozott döntéshez, a fokozat megszólalásához illetve visszajejtéséhez három egymást követő azonos helyzet szükséges. Ez azt jelenti, hogy az első érték átlépést követően két félperiódus idő múlva kapunk megszólalást, és a visszaesés is ennyi múlva történik, ha a feltételei megvannak. Ez azt is jelenti, hogy ha már megszólalt a fokozat, akkor legalább két félperiódus ideig megszólalva marad akkor is, ha csak egy igen rövid indulás volt. A beállított késleltetést tehát választjuk legalább a félperiódus idő háromszorosára, hogy átfedje az egy pillanatra történő megszólalást. Ez a feltétel az  $U_g >$  fokozatra is érvényes. A fentiek szerint minél rövidebb félperiódus időt lenne célszerű beállítani, azonban ennek alsó korlátja van.

A félperiódus időt legalább akkorára kell választani, hogy az előzőekben említett RC szűrőkön, valamint a gerjesztő kör földkapacitásaiból és a csatoló hálózat ellenállásából kialakuló RC körön a váltáskor megjelenő tranziens le tudjon csillapodni. Ha a szükségesnél rövidebb időt állítunk be, akkor az algoritmus a valóságosnál kisebb értéket mér, amit egy próba ellenállás rákapcsolásával ellenőrizni lehet. Vállalható kompromisszum, hogy a két fokozatban beállított megszólalási érték közül a kisebbiknél még elfogadható legyen a hiba.

Ha a primer kör változik, pl. a szükséggerjesztőre kapcsolás miatt az ahhoz vezető kábel kapacitása jelentősen megnöveli a földkapacitást, akkor újra kell ellenőrizni a lecsengést.

## 1.1.4 Példaműködés



1-4. ábra – Egy megszólasás oszcillográf felvétele

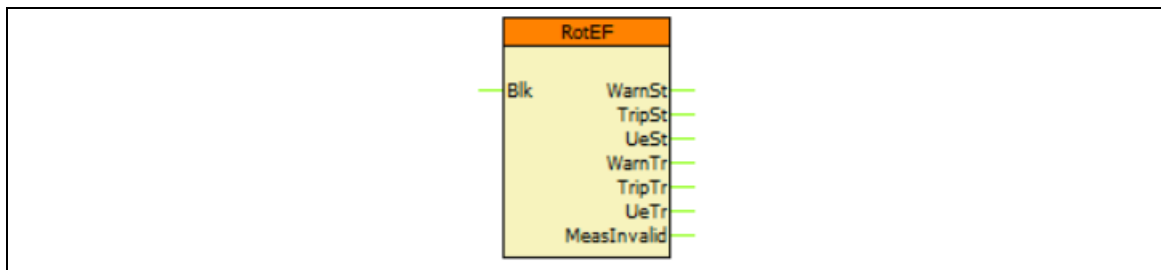
Az első három csatorna az A/D-ból származó jel, a következő három a digitális szűrés utáni, ezek jelenleg belső léptékben vannak ábrázolva. A következő háromban a mért értékek találhatóak már helyesen skálázva. A SweepOut jel egy későbbi kiértékelést segítő információ. A jelenlegi felvétel úgy készült, hogy a zavaríró a jelenség előtt kézzel indítottuk, hogy a jelenség eleje is meglegyen. Mivel a zavaríró maximális előideje 1000 msec, egy valódi felvételen már nem látszana az ép állapot, és a hiba kialakulása. A SweepOut jel tartalmazza a rögzített  $U_s$ ,  $I_1$ ,  $I_2$  értékeket az utolsó hat  $U_s$  váltás időpontjában (három teljes periódus), így ezekből utólag is meghatározhatók a mért értékek.

Látszik, hogy az érzékelő a hiba kialakulását követő harmadik  $U_s$  váltásnál szólal meg, a visszaesés is a harmadiknál van.



## 2 Forgórész földzárlatvédelmi funkció áttekintés

A funkcióblokk a grafikus (logikai) egyenletszerkesztőben az alábbi ábrán látható módon néz ki. A blokkon minden itt programozható be- és kimenet látszik (rendre a bal és jobb oldalon).



2-1. ábra – A funkcióblokk képe a logikai egyenletszerkesztőben

### 2.1 Beállítások

#### 2.1.1 Paraméterek

Az elérhető paramétereket az alábbi táblázatban soroljuk fel abban a sorrendben, ahogy a *paraméterek* menüben látszanak.

2-1. táblázat – A funkcióblokk paraméterei

ELNEVEZÉS	EGYSÉG	BEÁLL. TARTOMÁNY	LÉPTÉK	ALAP-ÉRTELMEZÉS	MAGYARÁZAT
Üzem mód	-	Kikapcsolva, Kétpontos csatl., Egypontos csatl., Kalibrálás	-	Kikapcsolva	<i>Kikapcsolva</i> : funkció kikapcsolása <i>Kétpontos csatl.</i> : mindkét csatlakozási pont megvan <i>Egypontos csatl.</i> : csak egy csatlakozási pont elérhető <i>Kalibrálás</i> : speciális üzemmód a csatoló ellenállások megméréséhez
Félperiódus hossz	hálózati periódus	1 – 1000	1	50	A félperiódus idő beállítása
R2	ohm	35000 – 80000	1	40000	A <i>pozitív</i> oldali csatoló ellenállás pontos értéke
R3	ohm	35000 – 80000	1	40000	A <i>negatív</i> oldali csatoló ellenállás pontos értéke
Előjelzés megszólalás	ohm	4000 – 40000	1	10000	Előjelző fokozat megszólalása
Előjelzés késleltetés	msec	1000 – 64000	1	2000	Előjelző fokozat késleltetése
Kioldó fok. megszólalás	ohm	4000 – 40000	1	10000	Kioldó fokozat megszólalása
Kioldó fok. késleltetés	msec	1000 – 64000	1	2000	Kioldó fokozat késleltetése
U <sub>g</sub> megszólalás	V	50 – 1500	1	200	U <sub>g</sub> >t fokozat megszólalása
U <sub>g</sub> késleltetés	msec	1000 – 64000	1	2000	U <sub>g</sub> >t fokozat késleltetése

## 2.2 A funkcióblokk ki- és bemenetei

Ez a fejezet röviden leírja a funkcióblokk analóg és digitális (bináris) ki- és bemeneteit.

### 2.2.1 Analóg bemenetek

A funkció az alábbi analóg jeleket használja bemenetként:

- A rákapcsolt segéd feszültség mintavételezett értékei
- A teljes injektált áram mintavételezett értékei
- A pozitív pólus felé folyó áram mintavételezett értékei

### 2.2.2 Analóg kimenetek (mérések)

2-2. táblázat – A funkcióblokk analóg kimenetei

MÉRT ÉRTÉK	EGYSÉG	MAGYARÁZAT
R2 mérés	ohm	Az R2 ellenállás értéke a kalibrációnál
R3 mérés	ohm	Az R3 ellenállás értéke a kalibrációnál
Rf	ohm	A hibahely ellenállása
k	%	A hiba helye a pozitív kféhez képest (csak akkor, ha a gerjesztő kör mindkét kapcsa hozzáférhető, <i>Kétpontos csatl. beállítás</i> ) Érvénytelen értéknél 999-et ír ki.
Ug	V	A gerjesztő feszültség (csak akkor, ha a gerjesztő kör mindkét kapcsa hozzáférhető, <i>Kétpontos csatl. beállítás</i> )

### 2.2.3 Bináris bemeneti státuszjelek (graphed output status)

A bemeneti státuszjeleket vezérlő logikát a felhasználó határozza meg a grafikus egyenletszerkesztőben (*Logic Editor*). A **félkövérrel** kiemelt feliratok a funkcióblokk bal oldalán is láthatók a logikai egyenletszerkesztőben.

2-3. táblázat – A funkcióblokk bináris bemeneti státuszjelei

BINÁRIS BEMENETI STÁTUSZJEL	MAGYARÁZAT
RotEF_ <b>Bik</b> _GrO_	Bemnet a funkció külső bénítására

### 2.2.4 Bináris kimeneti státuszjelek (graphed input status)

Ezeket a jeleket az EuroCAP-ben a grafikus egyenletszerkesztőn (*Logic Editor*) túl lehet még többre tölteni, úgymint LED-hez hozzárendelni, felhasználói LCD képernyőn feltételként használni stb. A **félkövérrel** kiemelt feliratok a funkcióblokk bal oldalán is láthatók a logikai egyenletszerkesztőben.

2-4. táblázat – A funkcióblokk bináris kimeneti státuszjelei

BINÁRIS KIMENETI STÁTUSZJEL	ELNEVEZÉS	MAGYARÁZAT
RotEF_ <b>WarnSt</b> _Grl_	Előjelző fok. megszólalás	Az előjelző fokozat indulása
RotEF_ <b>TripSt</b> _Grl_	Kioldó fok. megszólalás	A kioldó fokozat indulása
RotEF_ <b>UeSt</b> _Grl_	Ug megszólalás	Az Ug> fokozat indulása
RotEF_ <b>WarnTr</b> _Grl_	Előjelzés	Az előjelző fokozat megszólalása időzítés után
RotEF_ <b>TripTr</b> _Grl_	Kioldás	A kioldó fokozat megszólalása időzítés után
RotEF_ <b>UeTr</b> _Grl_	Ug kioldás	Az Ug>t fokozat megszólalása időzítés után
RotEF_ <b>MeasInvalid</b> _Grl_	Érvénytelen mérés	Érvénytelen mérés jelzése, amikor rákapcsolt állapotban $U_s < 50V$ vagy földre kötött állapotban $U_s > 50V$

## 2.2.5 Online adatok

Az alább felsoroltak láthatók az *online adatok* oldalon.

2-5. táblázat – A funkcióblokk online adatai

ELNEVEZÉS	EGYSÉG	MAGYARÁZAT
R2 mérés	ohm	Az R2 ellenállás értéke a kalibrációnál
R3 mérés	ohm	Az R3 ellenállás értéke a kalibrációnál
Érvénytelen mérés	-	Érvénytelen mérés jelzése, amikor rákapcsolt állapotban $U_s < 50V$ vagy földre kötött állapotban $U_s > 50V$
Rf	ohm	A hibahely ellenállása
k	%	A hiba helye a pozitív kféhez képest (csak akkor, ha a gerjesztő kör mindkét kapcsa hozzáférhető, <i>Kétpontos csatl. beállítás</i> ) Érvénytelen értéknél 999-et ír ki.
Ug	V	A gerjesztő feszültség (csak akkor, ha a gerjesztő kör mindkét kapcsa hozzáférhető, <i>Kétpontos csatl. beállítás</i> )
Előjelző fok. megszólalás	-	Az előjelző fokozat indulása
Kioldó fok. megszólalás	-	A kioldó fokozat indulása
Ug megszólalás	-	Az $U_g >$ fokozat indulása
Előjelzés	-	Az előjelző fokozat megszólalása időzítés után
Kioldás	-	A kioldó fokozat megszólalása időzítés után
Ug kioldás	-	Az $U_g > t$ fokozat megszólalása időzítés után

## 2.2.6 Események

A funkcióblokk az alább felsorolt eseményeket képes generálni az eseményrögzítőben, illetve ezeket képes küldeni az irányítástechnika felé.

2-6. táblázat – A funkcióblokk eseményei

ESEMÉNY FELIRAT	ÉRTÉK	MAGYARÁZAT
Előjelző fok. megszólalás	ki, be	Az előjelző fokozat indulása
Kioldó fok. megszólalás	ki, be	A kioldó fokozat indulása
Ug megszólalás	ki, be	Az $U_g >$ fokozat indulása
Előjelzés	ki, be	Az előjelző fokozat megszólalása időzítés után
Kioldás	ki, be	A kioldó fokozat megszólalása időzítés után
Ug kioldás	ki, be	Az $U_g > t$ fokozat megszólalása időzítés után

## 2.3 Műszaki adatok

2-7. táblázat – A funkcióblokk műszaki adatai

FUNKCIÓ	ÉRTÉK	PONTOSSÁG
Ellenállás tartomány	0 – 1000000 $\Omega$	$\pm 10\% \pm (R2+R3)/400 \Omega$
Beállítható megszólalási tartománya	4000 – 40000 $\Omega$	$\pm 5\% \pm (R2+R3)/400 \Omega$
k (hibahely a pozitív keféhez képest)	0 – 100 %	$\pm 5\%$
Gerjesztő feszültség	0 – 1300 V	$\pm 5\%$
Beállítható megszólalási tartománya	50 – 1300 V	$\pm 5\%$
Működési idő	(2-3) * félperiódus idő	$\pm 10$ ms
Visszaesési idő	(2-3) * félperiódus idő	$\pm 10$ ms
Ejtőviszony R<	1,1	
Ejtőviszony Ug>	0,9	
Időzítés (az érzékelő megszólalásakor indul)		$\pm 5$ ms

## 2.4 Megjegyzések a funkció teszteléséhez

Alapesetben az EuroProt+ kioldó (trip) kontaktusai a Kioldó logikához (TRC94) vannak rendelve és nem közvetlenül a funkcióblokkokhoz. Általában a funkcióblokkok kioldójelei a Kioldó logika bemenetén adnak kérést a kioldásra, így elengedhetetlen, hogy a Kioldó logika funkció *Üzem mód* paramétere a *Kikapcsolva*-tól különböző legyen, ha kioldást szeretnénk elérni a tesztelés folyamán.