



Tartalomjegyzék:

1. Általános leírás	4
1.1 Biztonsági figyelmeztetések	4
1.2 A készülék rendeltetése	5
2. Működési leírás	5
2.1 Hardver felépítés	5
2.1.1 Mérőváltó	5
2.1.2 DSP egység	6
2.1.3 Áramgenerátor	6
2.1.4 RS485 illesztő	6
2.2 A készülék bekötése	6
2.3 Logikai felépítés	8
2.3.1 Paramétertábla	8
2.3.2 Analóg bemenetek, kalibráció	8
2.3.3 Mérés	8
2.3.4 Határérték kapcsoló	9
2.3.5 Digitális kimenet	9
2.3.6 Analóg karakterisztika	9
2.3.7 Analóg kimenet	9
2.4 Műszaki adatok	10
3. Kommunikációs vonal	12
3.1 Soros vonal	12
3.2 Protokoll	12
3.2.1 Implementált parancsok	12
3.2.2 Táviratok szerkezete	13
3.2.2.1 Holding regiszterek olvasása	13
3.2.2.2 Holding regiszterek írása	13
3.2.2.3 CRC számítása (C nyelvű példa kód)	13
4. ModBus, Holding regiszterek	16
4.1 Elektronikus adattábla	16
4.2 Mért RMS értékek	16
4.3 Készülék állapotjelző és hibaregiszter	17
4.4 Kimenet vezérlő regiszterek	17

4.5	Reset regiszter	17
4.6	Paramétertábla	17
4.6.1	Külső modul paramétertáblája.....	18
4.6.2	Paramétertábla-parancsregiszter	18
4.6.3	Paramétertábla adatregiszterek	18
4.6.3.1	Kommunikációs beállítások.....	18
4.6.3.2	Mérés beállításai	19
4.6.3.3	Határérték kapcsoló beállításai	19
4.6.3.4	Digitális kimenet beállításai	20
4.6.3.5	Analóg karakterisztika beállításai	20
4.6.3.6	Analóg kimenet beállításai	21
5.	Mellékletek	22
5.1	Mintavétel	22

1. Általános leírás

1.1 Biztonsági figyelmeztetések

FIGYELEM, ÉLETVESZÉLY !

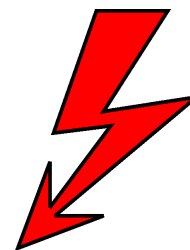
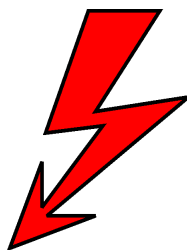
Hálózatra kapcsolt készülék fedelét eltávolítani TILOS és ÉLETVESZÉLYES!

A készülékben bizonyos nyomtatott áramköri kártyák galvanikusan össze vannak kapcsolva hálózati feszültséggel. Emiatt a készülék fedelét szigorúan csak feszültségmentes állapotban szabad eltávolítani!

A készülék telepítésekor a mérendő hálózatot szigorúan feszültségmentesíteni kell, a telepítést csak szakképzett végezheti!

A készülék csak illetéktelen személyek által nem hozzáférhető helyre telepíthető!

A telepített készülék kezelését csak feszültség alatti munkavégzésre kioktatott személy végezheti!



1.2 A készülék rendeltetése

A TITxxP készülékek kifeszültségű hálózatokon áram- vagy feszültségjelek valódi effektív értékének mérésére, és a mért jelek analóg (áramgenerátor), és digitális (RS485) távadására alkalmasak.

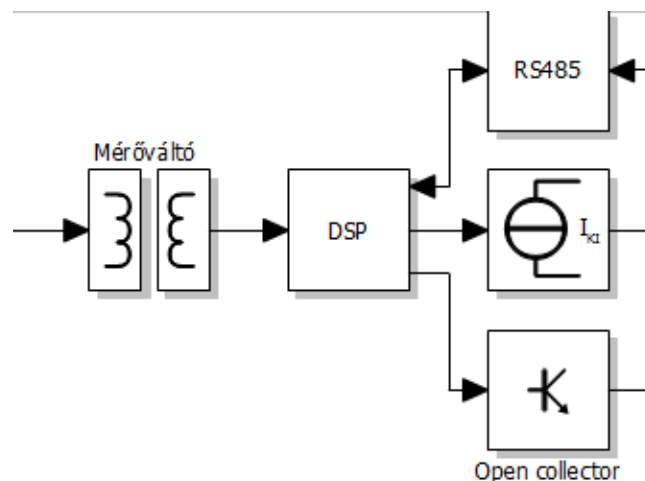
A készülék a mérendő jel és a készülék többi része között galvanikus leválasztást biztosít.

A készülékek rendelkeznek egy open-collector kimenettel, mely határérték kapcsolóként működik.

2. Működési leírás

2.1 Hardver felépítés

A készülék hardver elvi felépítése az 2.1. ábrán látható. A következő pontokban az ábrán látható részegységek leírása található.



2.1. ábra: Hardver elvi felépítés

2.1.1 Mérőváltó

A mérőváltó feladata a mérendő jel átalakítása a mikrokontrolleres egységben található A/D átalakító részére. A mérőváltó típusa határozza meg, hogy a készülék milyen jelet, milyen méréshatárral mér. A következő típusok léteznek:

1. táblázat: TITxxP készülékekbe építhető mérőváltó típusok

Feszültségmérés	Árammérés
400V	1A/5A
230,94V	50A
200V	100A
115,47V	500A
100V	1000A
57,735V	

A fenti táblázatban az 1A/5A megjelölés egy olyan típusra utal, mellyel 1A és 5A névleges bemenő áram is mérhető. Ez az áramváltó egy megcsapolt primer tekercsrel rendelkezik. Az ilyen áramváltóval gyártott készülékeknek az áram bemenetein három villamos kapocs van: egy közös és egy-egy az 1A és 5A mérésre (pont). A helyes méréshez azonban a készülék

paramétertáblájába be kell állítani, hogy aktuálisan melyik méréshatárban működik a készülék (pont).

Mérőváltó a jelátalakítás mellett 4kV átütési szilárdságú galvanikus leválasztást biztosít a mérendő hálózat és a készülék többi részegysége között.

Az 50A és annál nagyobb árammérések külső bővítőmodul használatával lehetségesek.

Az 100A és 1000A egységek csak akkor képesek helyesen mérni a jel effektív értékét, hogyha annak csúcstényezője 1,41 körüli.

FONTOS! A külső árammérők nem csatlakoztathatók a feszültséges vagy 1A/5A konstrukciókhoz.

2.1.2 DSP egység

A DSP egység fő elemei a DSP (*Digital Signal Processor*) vezérlő, EEPROM memória, és a ki-/bemeneteket kezelő analóg és digitális illesztő áramkörök. A készülék működtetését a DSP vezérlőn futó készülékszoftver végzi. A készülékszoftver logikai egységeinek leírása a pontban található.

2.1.3 Áramgenerátor

Az áramgenerátorok 0...24mA tartományban képesek áramot áthajtani maximum $R_T=500\Omega$ terhelésen.

Az áramgenerátor a készülék által mért mennyiséggel függvényében ad jelet. A kimenő karakterisztika lineáris, tetszőleges meredekség (>0), offset, alsó- és felső telítési szint beállítható. Így 0-20, 4-24... stb. kimeneti karakterisztikát is be lehet állítani. (Részletek a és a pontban olvashatóak.)

2.1.4 RS485 illesztő

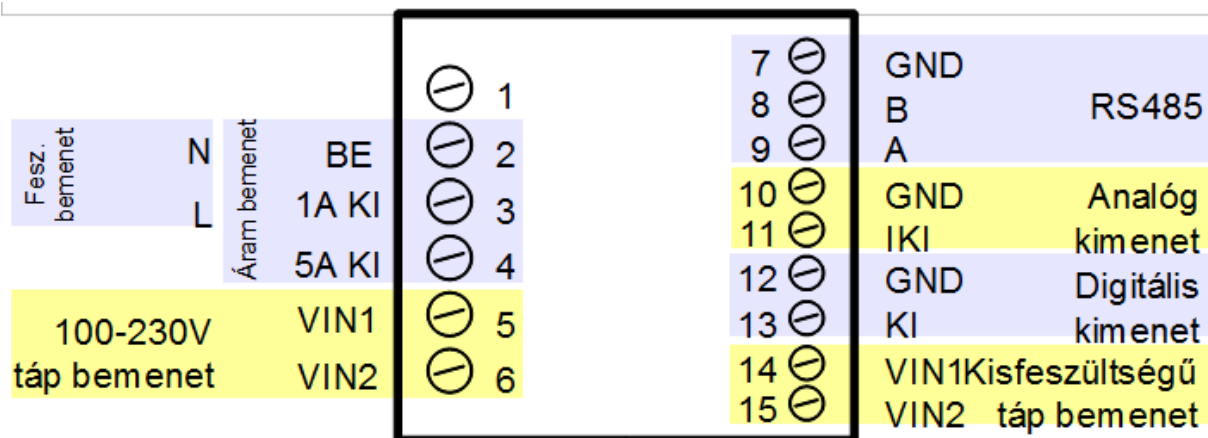
A készülék szabványos RS485 vonalon ModBus protokoll szerint *slave* módú kommunikációra képes. Az RS485 vonalon készülék adattábla, mérési eredmény, a mérés, kommunikációs beállítások, áramgenerátor, digitális kimenet paraméterei olvashatóak ki és állíthatóak be. digitális kimeneteit

A készülék egy open-collectoros digitális kimenettel rendelkezik, mely határérték kapcsolóként működik. A kimenet a készülék elektronikától galvanikusan el van választva (opto-csatoló).

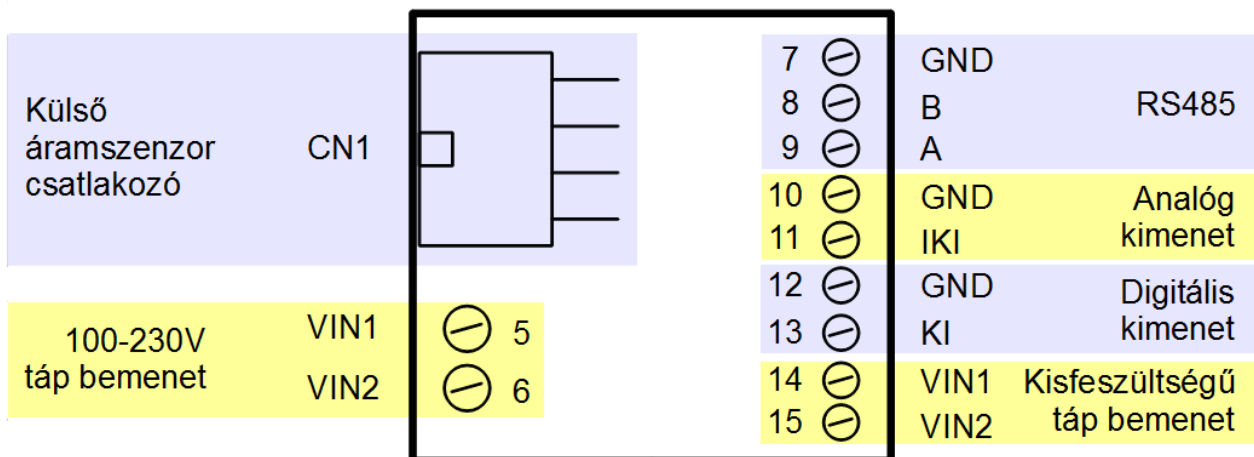
FIGYELEM! Ez az optocsatoló a készülék többi részétől csak olyan mértékű leválasztást biztosít ($U_{ISO}<500V$), hogy a több elemet tartalmazó rendszerekben a galvanikus csatolásból eredő zavarok (pl. földhurok) elkerülhetőek legyenek. Életvédelmi szigetelésnek NEM felel meg!

2.2 A készülék bekötése

készülék sorkapocs kiosztása a 2.2. illetve 2.3 ábrán látható. A kifestültségű és a 100V-230V tápbemenetek közül a a készülék típusától függően csak az egyik van kiépítve értelemszerűen. A külső áramszennozorral ellátott készülékek esetén azt a CN1 jelölésű csatlakozóra kell csatlakoztatni.



22. ábra TITxxP2 sorkapocs kiosztás feszültség és direkt árammérő konstrukció esetén



3. ábra TITxxP2 sorkapocs kiosztás külső áramszenzor esetén

2.3 Logikai felépítés

A DSP vezérlőn futó készülékszoftver feladata a mérések, adatregisztráció elvégzése, a digitális ki- és bemenetek kezelése, és a kommunikáció az RS485 vonalon. A szoftver logikai felépítése a 2.3. ábrán látható. A következő pontokban az ábrán látható logikai egységek elvi leírása olvasható.

2.3.1 Paramétertábla

Amint a következő pontokban olvasható, az egyes logikai egységek többféle lehetséges beállítással működhetnek. Ezeket a beállításokat a különböző kalibrációs konstansokkal együtt a paramétertáblában tárolja a készülék. A paramétertábla adatai az EEPROM memóriában tárolódnak, így a készülék kikapcsolása után sem vesznek el. A paramétertáblában tárolt beállítások tételes felsorolása a ModBus regiszterek leírásánál a . pontban található.

2.3.2 Analóg bemenetek, kalibráció

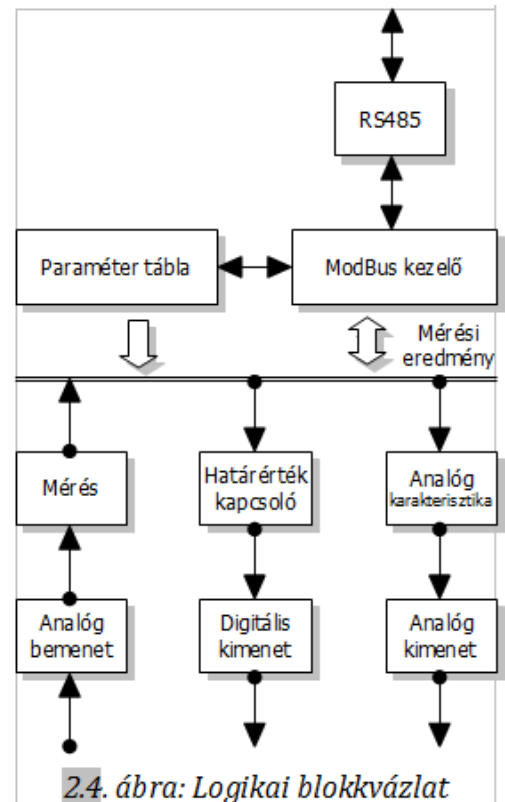
A készülék $F_S=12,8\text{kHz}$ frekvenciával mintavételezi a mérőváltó által szolgáltatott jelet. A hardverből található negyedfokú átlapolódás-gátló (anti-aliasing) szűrőt a szoftver egy digitális FIR szűrővel egészíti ki. Ezzel a szűrővel a bemenő mintákból egy $F_{SM}=3,2\text{kHz}$ mintavételi frekvenciájú jelsorozatot állít elő (decimálás). További leírás a mellékletben olvasható.

A bemenő mérőváltó áramköreinek és az AD átalakító áttételének állandó hibáját a paramétertáblába mentett kalibrációs szorzó kompenzálja. 1A/5A típusú készülékek esetén mind a két bemenethez tartozik egy-egy szorzó. A kalibrációs szorzók a gyártás-bemérés során kerülnek a készülékbe, a felhasználó azokat módosítani nem tudja. Az analóg bemenet kezelő logikai blokk az AD átalakító mintáit ezekkel a kalibrációs értékekkel való szorzás után bocsátja a mérő modul rendelkezésére.

A nagy áramok méréséhez szükséges bővítmódulok kalibrációs konstansai szintén a beméréskor kerülnek a modulokba.

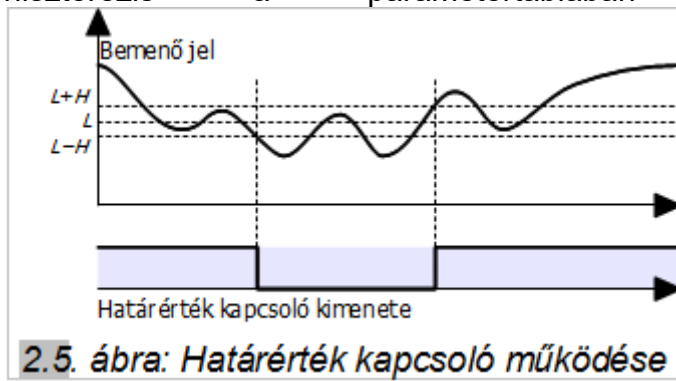
2.3.3 Mérés

Az AD átalakítóból származó kalibrált mintákkal leírt jelalakokból a mérő modul $T_{MEAS}=20\text{ms}$ időközönként az utolsó kétperiódusnyi (40ms) mintákból kiszámítja az RMS értéket, az alapharmonikus RMS értékét, illetve a THD értéket. A mérő modulhoz tartozik egy státuszszó, melyben a bemenet esetleges túlvezérlését jelzi a készülék.



2.3.4 Határérték kapcsoló

A határérték kapcsoló bemenete a mért RMS érték. Az L kapcsolási küszöb és a H hiszterezíz a paramétertáblában beállítható (2.5 ábra).



2.3.5 Digitális kimenet

A digitális kimenet vezérelhető az RS485 vonalon, vagy a határérték kapcsolóval.

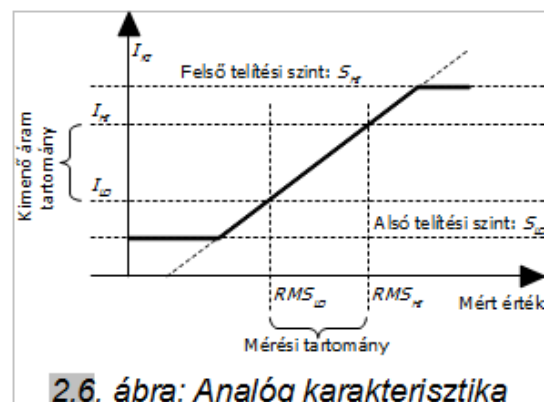
2.3.6 Analóg karakterisztika

Az analóg karakterisztika képző bemenete a mért RMS érték. A mért mennyiség és a kimenő áram közötti összerendelést az analóg karakterisztika képző végzi. Lineáris karakterisztika definiálható alsó és felső telítési szinttel (2.6 ábra).

Az ábrán látható értékek egyenként beállíthatóak a paramétertáblában, de van néhány előre beállított konfiguráció is.

2.3.7 Analóg kimenet

Az analóg kimenet vezérelhető az RS485 vonalon keresztül vagy a karakterisztika képző által meghatározott áram értéket adja ki a kimeneten. Az analóg áramkörök állandó hibáit $A \cdot x + B$ alakú kifejezéssel korigálja (A és B kalibrációs konstansok).



2.4 Műszaki adatok

A megadott adatok $T=0...50^{\circ}\text{C}$ tartományban érvényesek

Paraméter	Min.	Tip.	Max.	Feltétel/megjegyzés
Tápellátás kisfeszültségű típus esetén				
▪ AC tápfeszültség [V]	70		265	
▪ DC tápfeszültség [V]	100		265	
▪ Áramfelvétel [mA] ▪ Teljesítményfelvétel [mW]		110 2,6		$U_{TAP}=24\text{VAC}$ Folyamatos RS485 kommunikáció $I_{KI}=0$ az analóg kimeneten
▪ Áramfelvétel [mA] ▪ Teljesítményfelvétel [mW]		120 2,9		$U_{TAP}=24\text{VAC}$ Folyamatos RS485 kommunikáció $I_{KI}=24\text{mA}$ az analóg kimeneten
Tápellátás 100...230V típus esetén				
▪ AC tápfeszültség [V]	70		265	EN61000-4-5 szerinti surge védelemmel ellátva
▪ DC tápfeszültség [V]	100		265	A DC táplálásnak induktív kapcsolási tranzienzektől mentesnek kell lennie!
▪ Áramfelvétel [mA] ▪ Teljesítményfelvétel [mW]		20 2,2		$U_{TAP}=230\text{VAC}$ Folyamatos RS485 kommunikáció $I_{KI}=0$ az analóg kimeneten
▪ Áramfelvétel [mA] ▪ Teljesítményfelvétel [mW]		22 2,5		$U_{TAP}=230\text{VAC}$ Folyamatos RS485 kommunikáció $I_{KI}=24\text{mA}$ az analóg kimeneten
Feszültség bemenet				
▪ Feszültség	0		$1,2 \cdot U_N$	Lásd még pont
▪ Túlterhelhetőség			$2 \cdot U_N$	1 perc
▪ Terhelőáram [mA]		0,5		$U_{BE} = U_N$
▪ Jelalak		Periodikus		
▪ Frekvencia [Hz]	47,5		52,5	
Áram bemenet				
▪ Áram	0		$1,2 \cdot I_N$	Lásd még pont
▪ Túlterhelhetőség			$20 \cdot I_N$	
▪ Feszültség 1A bemeneten [mV]				
▪ Feszültség 5A bemeneten [mV]		15		$I_{BE} = 1\text{A}$, készülék bekapcsolva
▪ Jelalak		25		$I_{BE} = 5\text{A}$, készülék bekapcsolva
▪ Frekvencia [Hz]	47,5		52,5	

Paraméter	Min.	Tip.	Max.	Feltétel/megjegyzés
Mérési hiba (névleges értékre vonatkoztatva)				
▪ Feszültség [%]			0,1	$0,005 \dots 1,2 U_N$
▪ Áram [%]			0,1	$0,005 \dots 1,2 U_N$
▪ 1A/5A esetén			0,1	
▪ 50A/100A esetén			0,1	
▪ 500A/1000A esetén			XXX	
▪ Beállási idő [ms]			60	
▪ THD [%]		XXX		f = 50 Hz $0\% \leq \text{THD} \leq \text{XXX}\%$
Leválasztás				
▪ Kimenetek és a többi részegység között [V _{RMS}]			4000	50Hz, 1 percig
▪ Tápegység és bemenetek között [V _{RMS}]			2500	
Analóg kimenet				
▪ Áram [mA]	0		24	
▪ Terhelő ellenállás [Ω]			500	
▪ Hiba [mA]			0,1	Mérési hiba nélkül
Digitális kimenet				
▪ Megengedhető feszültség [V]	-5		60	
▪ Kimenő áram [mA]			300	
Egyéb jellemzők				
▪ Méret [mm ³]	53x90x60			
▪ Védettség	IP20			
▪ Működési hőmérséklet [°C]	-20		50	
▪ Szabvány megfelelés	<ul style="list-style-type: none"> ▪ EN61000-4-2 ▪ EN61000-4-4 ▪ EN61000-4-5 ▪ EN61000-4-6 ▪ IEC255-22-3 ▪ EN60255-5 			

3. Kommunikációs vonal

3.1 Soros vonal

A készülék RS485 aszinkron soros kommunikációs vonallal rendelkezik. A kommunikációs paraméterek:

- ◆ Paramétertáblában állítható kommunikációs sebesség:
 - 9,6 kbaud
 - 19,2 kbaud
 - 28,8 kbaud
 - 38,4 kbaud
 - 57,6 kbaud
 - 115,2 kbaud
- ◆ 8 adatbit
- ◆ 1 stopbit
- ◆ Paritás: nincs paritás, páros, páratlan.

3.2 Protokoll

3.2.1 Implementált parancsok

Kommunikációs protokollként a ModBus RTU szabvány Holding Regiszterek olvasása (0x03) és Holding regiszterek írása (0x10) parancsokat implementálja. A készülék slave üzemmódban működik. A címe 1...249 tartományban lehet (Paramétertáblában beállítható). A készülék 0x00 (broadcast) címre küldött táviratokat is végrehajtja, de ekkor választ nem küld.

A készülékekben implementált protokoll a következő pontokban tér el a szabványtól:

- ◆ Nincs hibatávirat. A következő esetekben a készülék nem válaszol:
 - CRC hibás táviratot kap
 - Ismeretlen parancskódot tartalmazó táviratot kap
 - Regiszter írás esetén a távirat hossza nem a „regiszterek száma” mezőnek megfelelő.
 - Ha nem létező regiszterre történik hivatkozás:
 - Regiszter olvasás esetén 0xFFFF-et ad vissza a készülék
 - Regiszter írás esetén nem történik semmi.
- ◆ 0x10 parancs esetén csak az írható/olvasható regiszterek íródnak felül, de nincs hibatávirat, ha csak olvasható regiszterre érkezik írás parancs.

Ha a kapott táviratban a regiszter kezdőcím és regiszterszám összege nagyobb, mint 65536, akkor az írás vagy olvasás művelet a 0. című regisztertől folytatódik a 65535. regiszter feldolgozása után. (pl. 65534 címtől kezdődően 4 regiszter olvasása esetén a

- ◆ választávirat a következő sorrendben a 65534, 65535, 0, 1 című regiszterek értékét fogja tartalmazni).
- ◆ Az RS485 vonalon történt bármilyen forgalom után 10ms várakozási időt be kell iktatni a készülék megszólítása előtt.
- ◆ A kapott távirat feldolgozása a beállított kommunikációs sebességtől függetlenül, az utolsó karakter beérkezése utáni 5 ms hosszú adásszünet után kezdődik.

- ◆ Az adás/vételi buffer mérete 37 bájt ezért az ennél hosszabb táviratokat nem kezel a készülék. Emiatt az egy táviratban kiolvasható regiszterek száma maximum 16, az írható regiszterek száma maximum 14.

3.2.2 Táviratok szerkezete

A táviratok szerkezete a következő:

3.2.2.1 Holding regiszterek olvasása

Paraméterként megadott A kezdőcímtől N db holding regiszter aktuális értékét adja vissza.

Kérés:

0	1	2	3	4	5	6	7
Készülék cím	Parancskód: 0x03	Első regiszter címe, MSB(A)	Első regiszter címe, LSB(A)	Regiszterek száma, MSB(N)	Regiszterek száma, LSB(N)	CRC MSB	CRC LCB

Válasz:

0	1	2	3... 2·N+2	2·N+3	2·N+4
Készülék cím	Parancskód: 0x03	Paraméter bájtok száma (=2·N)	A kért regiszterek aktuális tartalma MSB,LSB sorrendben	CRC MSB	CRC LCB

3.2.2.2 /Holding regiszterek írása

A paraméterként megadott A kezdőcímtől kezdődően N db holding regiszter értékét felülírja (csak az írható-olvasható regiszterek tartalma változik).

Kérés:

0	1	2	3	4	5	6
Készülék cím	Parancskód: 0x10	Első regiszter címe, MSB(A)	Első regiszter címe, LSB(A)	Regiszterek száma, MSB(N)	Regiszterek száma, LSB(N)	Paraméter bájtok száma (=2·N)
7... 2·N+6		2·N+7	2·N+8			
A regiszterek új tartalma MSB,LSB sorrendben		CRC MSB	CRC LCB			

Válasz:

0	1	2	3	4	5	6	7
Készülék cím	Parancskód: 0x10	Első regiszter címe, MSB(A)	Első regiszter címe, LSB(A)	Regiszterek száma, MSB(N)	Regiszterek száma, LSB(N)	CRC MSB	CRC LCB

3.2.2.3 CRC számítása (C nyelvű példa kód)

```

/*=====*/

const unsigned char CRChI[256] =
{
    0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x00, 0xC1
    , 0x81, 0x40,

```

```
    0x01,0xC0,0x80,0x41,0x00,0xC1,0x81,0x40,0x00,0xC1,0x81,0x40,0x01,0xC0
,0x80,0x41,
    0x01,0xC0,0x80,0x41,0x00,0xC1,0x81,0x40,0x00,0xC1,0x81,0x40,0x01,0xC0
,0x80,0x41,
    0x00,0xC1,0x81,0x40,0x01,0xC0,0x80,0x41,0x01,0xC0,0x80,0x41,0x00,0xC1
,0x81,0x40,
    0x01,0xC0,0x80,0x41,0x00,0xC1,0x81,0x40,0x00,0xC1,0x81,0x40,0x01,0xC0
,0x80,0x41,
    0x00,0xC1,0x81,0x40,0x01,0xC0,0x80,0x41,0x01,0xC0,0x80,0x41,0x00,0xC1
,0x81,0x40,
    0x00,0xC1,0x81,0x40,0x01,0xC0,0x80,0x41,0x01,0xC0,0x80,0x41,0x00,0xC1
,0x81,0x40,
    0x01,0xC0,0x80,0x41,0x00,0xC1,0x81,0x40,0x00,0xC1,0x81,0x40,0x01,0xC0
,0x80,0x41,
    0x01,0xC0,0x80,0x41,0x00,0xC1,0x81,0x40,0x00,0xC1,0x81,0x40,0x01,0xC0
,0x80,0x41,
    0x00,0xC1,0x81,0x40,0x01,0xC0,0x80,0x41,0x01,0xC0,0x80,0x41,0x00,0xC1
,0x81,0x40,
    0x00,0xC1,0x81,0x40,0x01,0xC0,0x80,0x41,0x01,0xC0,0x80,0x41,0x00,0xC1
,0x81,0x40,
    0x01,0xC0,0x80,0x41,0x00,0xC1,0x81,0x40,0x00,0xC1,0x81,0x40,0x01,0xC0
,0x80,0x41,
    0x00,0xC1,0x81,0x40,0x01,0xC0,0x80,0x41,0x01,0xC0,0x80,0x41,0x00,0xC1
,0x81,0x40
};

/*-----*/

const unsigned char CRC1o[256] =
{
    0x00,0xC0,0xC1,0x01,0xC3,0x03,0x02,0xC2,0xC6,0x06,0x07,0xC7,0x05,0xC5
,0xC4,0x04,
    0xCC,0x0C,0x0D,0xCD,0x0F,0xCF,0xCE,0x0E,0x0A,0xCA,0xCB,0x0B,0xC9,0x09
,0x08,0xC8,
    0xD8,0x18,0x19,0xD9,0x1B,0xDB,0xDA,0x1A,0x1E,0xDE,0xDF,0x1F,0xDD,0x1D
,0x1C,0xDC,
    0x14,0xD4,0xD5,0x15,0xD7,0x17,0x16,0xD6,0xD2,0x12,0x13,0xD3,0x11,0xD1
,0xD0,0x10,
    0xF0,0x30,0x31,0xF1,0x33,0xF3,0xF2,0x32,0x36,0xF6,0xF7,0x37,0xF5,0x35
,0x34,0xF4,
    0x3C,0xFC,0xFD,0x3D,0xFF,0x3F,0x3E,0xFE,0xFA,0x3A,0x3B,0xFB,0x39,0xF9
,0xF8,0x38,
```

```

    0x28, 0xE8, 0xE9, 0x29, 0xEB, 0x2B, 0x2A, 0xEA, 0xEE, 0x2E, 0x2F, 0xEF, 0x2D, 0xED
, 0xEC, 0x2C,
    0xE4, 0x24, 0x25, 0xE5, 0x27, 0xE7, 0xE6, 0x26, 0x22, 0xE2, 0xE3, 0x23, 0xE1, 0x21
, 0x20, 0xE0,
    0xA0, 0x60, 0x61, 0xA1, 0x63, 0xA3, 0xA2, 0x62, 0x66, 0xA6, 0xA7, 0x67, 0xA5, 0x65
, 0x64, 0xA4,
    0x6C, 0xAC, 0xAD, 0x6D, 0xAF, 0x6F, 0x6E, 0xAE, 0xAA, 0x6A, 0x6B, 0xAB, 0x69, 0xA9
, 0xA8, 0x68,
    0x78, 0xB8, 0xB9, 0x79, 0xBB, 0x7B, 0x7A, 0xBA, 0xBE, 0x7E, 0x7F, 0xBF, 0x7D, 0xBD
, 0xBC, 0x7C,
    0xB4, 0x74, 0x75, 0xB5, 0x77, 0xB7, 0xB6, 0x76, 0x72, 0xB2, 0xB3, 0x73, 0xB1, 0x71
, 0x70, 0xB0,
    0x50, 0x90, 0x91, 0x51, 0x93, 0x53, 0x52, 0x92, 0x96, 0x56, 0x57, 0x97, 0x55, 0x95
, 0x94, 0x54,
    0x9C, 0x5C, 0x5D, 0x9D, 0x5F, 0x9F, 0x9E, 0x5E, 0x5A, 0x9A, 0x9B, 0x5B, 0x99, 0x59
, 0x58, 0x98,
    0x88, 0x48, 0x49, 0x89, 0x4B, 0x8B, 0x8A, 0x4A, 0x4E, 0x8E, 0x8F, 0x4F, 0x8D, 0x4D
, 0x4C, 0x8C,
    0x44, 0x84, 0x85, 0x45, 0x87, 0x47, 0x46, 0x86, 0x82, 0x42, 0x43, 0x83, 0x41, 0x81
, 0x80, 0x40
};

/*=====*/

void CRC16(void *Buff, int Len, unsigned char *HI, unsigned char *LO, int
Init)
{
    int i;
    unsigned char index;

    if ( Init )
    {
        *HI = 0xFF;
        *LO = 0xFF;
    };
    for ( i = 0; i < Len; i++ )
    {
        index = *HI ^ ((unsigned char *)Buff)[i];
        *HI = *LO ^ CRChi[index];
        *LO = CRClo[index];
    };
};

/*=====*/ModBus,

```

4. ModBus, Holding regiszterek

Ebben a fejezetben a készülék ModBus regisztereinek a listája található.

A táblázatok első oszlopában a regisztercím mellett található (R) jelölés arra utal, hogy a regiszter csak olvasható, az (RW) megjelölés jelentése írható-olvasható.

A regiszterből kiolvasható adatok típusa 16 bites előjel nélküli egész, kivéve abban az esetben, ha eltérő típus van megjelölve. A két regisztert elfoglaló 32 bites típusok (32 bites *integer* és 32 bites *IEEE float*) mindig úgy értelmezendők, hogy az alacsonyabb című regiszter tartalmazza az alsó 16 bites szót (*Least Significant Word*).

4.1 Elektronikus adattábla

Cím/típus	Név	Tartalom
0x0000 (R)	Hardver típus	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 15...8 bit: Készülék típus ▪ 7...4 bit: Kimenet típusa ▪ 3-0 bit: Bemenet típusa:
		<ul style="list-style-type: none"> ▪ 0x0B: TITxxP 2 ▪ ANA_OUT_A: áramkimenet ▪ ANA_OUT_V: feszültségkimenet
		<ul style="list-style-type: none"> ▪ 0x3: 100V/$\sqrt{3}$ ▪ 0x4: 100V ▪ 0x5: 200V/$\sqrt{3}$ ▪ 0x6: 400V/$\sqrt{3}$ ▪ 0x7: 400V ▪ 0x8: 200V ▪ 0xA: 1A/5A ▪ 0xB: Nagyáramú bővítőmodul ▪ 0xC: Nagyáramú bővítőmodul EEPROM nélkül
0x0001 (R)	Hardver verzió	<ul style="list-style-type: none"> ▪ MS bájtt: Fő verzió (BCD) ▪ LS bájtt: Mellék verzió (BCD)
0x0002 (R)	Nem használt	
0x0003 (R)	Szoftver verzió	<ul style="list-style-type: none"> ▪ MS bájtt: Fő verzió (BCD) ▪ LS bájtt: Mellék verzió (BCD)
0x0004 (R)	Nem használt	
0x0005... 0x000F (R)	Gyári szám	22 bájtt, 0-terminal sztring. A regiszterek LS bájttja tartalmazza a kisebb sorszámú karaktert.

4.2 Mért RMS értékek

Cím/típus	Név	Tartalom
0x0010 (R)	Mérés névleges érték: <i>NOM</i>	32 bites IEEE float érték A készüléktípustól és a paramétertáblában beállított váltótól függő érték
0x0011 (R)		
0x0012 (R)	Mért érték: <i>RMS</i>	32 bites IEEE float érték Értelemszerűen:
0x0013 (R)		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Árammérő TIT esetén [A] ▪ Feszültségmérő TIT esetén [V]
0x0014 (R)	THD érték: <i>RMS</i>	32 bites IEEE float érték
0x0015 (R)		A mért jel teljes harmonikus torzításának (Total Harmonic Distortion) az értékét tartalmazza százalékban megadva
0x0016 (R)	Alapharmonikus érték: <i>RMS</i>	32 bites float érték
0x0017 (R)		A mért jel alapharmonikusának effektív értékét tartalmazza Értelemszerűen:
		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Árammérő TIT esetén [A] ▪ Feszültségmérő TIT esetén [V]

4.3 Készülék állapotjelző és hibaregiszter

Cím/típus	Név	Tartalom
0x0020 (R)	Készülék állapotregiszter	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 0. bit: Bemenet túlvezérlés ▪ 1...31: bit: Nem használt
0x0021 (R)		
0x0022 (R)	Hibaregiszter	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 0. bit: A készülék adatlap olvasásakor CRC hiba történt ▪ 1. bit: A paramétertábla olvasásakor CRC hiba történt ▪ 2. bit: WatchDog működés történt. ▪ 3. bit: Processzor túlterhelés következtében a szoftver a vezérlési feladatok egy részét nem tudta a megadott időszeleten belül elvégezni. ▪ 4. bit: Processzor túlterhelés következtében a szoftver az AD átalakítóból származó minták egy részét nem tudta feldolgozni, adatvesztés történt ▪ 5. bit: EEPROM memória hiba. ▪ 6. bit: DA hiba ▪ 7. bit: I2C busz hiba ▪ 8. bit: Váltó áttétel hiba (hibás paraméter lásd: pont) ▪ 9. bit: Határérték kapcsoló hiba (hibás paraméterek, lásd:) ▪ 10. bit: Analóg kimeneti karakterisztika hiba (hibás paraméterek, lásd: pont) ▪ 11. bit: Kalibrációs érték hiba (hibás paraméterek, lásd: pont) ▪ 12. bit: Bővítőmodul EEPROM hiba ▪ 13. bit: Bővítőmodul kalibrációs érték hiba ▪ 14...31. bit: Nem használt
0x0023 (R)		

4.4 Kimenet vezérlő regiszterek

Cím/típus	Név	Tartalom
0x0030 (RW)	Analog kimenet értéke [mA/V]	32 bites IEEE float érték Az analog kimeneten megjelenő áram/feszültség értéke. Amennyiben az analog kimenet jelforrása nem C_NONE (lásd:) az analog kimenet vezérlő folyamatosan frissíti ezt a regisztert, ezért az írása hatástalan. Ha a jelforrás C_NONE, akkor ezen regiszter írásával lehet vezérelni az analog kimenetet.
0x0031 (RW)		
0x0032 (RW)	Open collector kimenet állapota	Kimenet állapota: <ul style="list-style-type: none"> ▪ 0x0000: Kimenet lezárva ▪ 0x0001: Kimenet nyitva Amennyiben a digitális kimenet jelforrása nem C_NONE a digitális kimenet vezérlő folyamatosan frissíti ezt a regisztert, ezért az írása hatástalan. Ha a jelforrás C_NONE, akkor ezen regiszter írásával lehet vezérelni a digitális kimenetet.

4.5 Reset regiszter

Cím/típus	Név	Tartalom
0x0038 (RW)	Reset regiszter	Lehetséges parancsok: <ul style="list-style-type: none"> ▪ 0x0001: Készülék újraindítása

4.6 Paramétertábla

A készülék induláskor az EEPROM memóriából a RAM-ba tölti a paramétertáblát. Betöltéskor CRC ellenőrzést végez. Hiba esetén alapértelmezett értékre állítja az összes paramétert. A paramétertábla adatregisztereken keresztül a RAM-ba töltött értékek érhetőek el. Az adatok EEPROM-ba mentése a paramétertábla-parancsregiszterbe írt megfelelő paranccsal történik. Az adatregiszterek írása után a változtatás azonnal aktualizálódik. Kivételt képeznek ez alól a kommunikációs beállítások, melyek csak a készülék újraindítása után változnak meg.

4.6.1 Külső modul paramétertáblája

Cím/típus	Név	Tartalom
0x0040(R)	Külső bővítőmodul típusa	16 bites érték <ul style="list-style-type: none"> ▪ 0x0000: Nincs külső modul csatlakoztatva, illetve nincs beállítva a szenzor névleges árama ▪ 0x0002: 50A-es modul van csatlakoztatva ▪ 0x0003: 100A-es modul csatlakoztatva ▪ 0x0004: 500A-es modul csatlakoztatva(még fejlesztés alatt) ▪ 0x0005: 1000A-es modul csatlakoztatva(még fejlesztés alatt)
0x0041(R)	A bővítőmodul kalibrációs értéke	32 bites lebegőpontos érték
0x0042(R)		

A bővítőmodul típusát EEPROM-os szenzor esetén a szenzor tartalmazza, azonban ha EEPROM nélküli szenzorral van szerelve a készülék, akkor a szenzorhoz tartozó paramétertáblát a készülék belső EEPROM-ja tárolja. Ennek a kezelése teljesen megegyező a külső EEPROM-mal rendelkezőével (Ugyanúgy a 0x1414 paranccsal lehet írni). A szoftver a készüléktípusnak megfelelően választja ki a mentés helyét. A belső EEPROM-ból azonban az adattáblához hasonlóan csak induláskor történik kiolvasás.

4.6.2 Paramétertábla-parancsregiszter

Cím/típus	Név	Tartalom
0x0060 (RW)	Paramétertábla-parancsregiszter	Értéke 0x0000 vagy 0xFFFF ha a paramétertábla parancs fogadására kész. Az alábbi parancsok végrehajtása után a regiszter értéke 0x0000 lesz. Érvénytelen parancskód esetén értéke 0xFFFF , ami a parancsvégrehajtás elutasítását jelenti. A parancskódok: <ul style="list-style-type: none"> ▪ 0x0001: Paraméterek mentése az EEPROM memóriába ▪ 0x0313: Írásvédettség tiltása. A parancs kiadása után a csak olvashatóknak megjelölt regiszterek is írhatóakká válnak. Így módosíthatóvá válnak a kalibrációs adatok és a készülék adatlap ▪ 0x0909: Írásvédettség engedélyezése. A parancs kiadása után a csak olvashatóknak megjelölt regiszterek ismét csak olvashatóvá válnak. ▪ 0x1212: Készülék adatlap mentése az EEPROM memóriába ▪ 0x1414: A szenzor modul paramétertáblájának mentése belső vagy külső EEPROM memóriába

4.6.3 Paramétertábla adatregiszterek

4.6.3.1 Kommunikációs beállítások

Cím/típus	Név	Tartalom
0x0070 (RW)	ModBus cím és kommunikációs sebesség	<ul style="list-style-type: none"> ▪ MS bájt: Baudrate <ul style="list-style-type: none"> ▪ 0x01: 9 600 ▪ 0x02: 19 200 ▪ 0x03: 28 800 ▪ 0x04: 38 400 ▪ 0x06: 57 600 ▪ 0x0C: 115 200 Alapértelmezett érték: 38 400
		<ul style="list-style-type: none"> ▪ LS bájt: ModBus cím <ul style="list-style-type: none"> ▪ 1...249 Alapértelmezett érték: 16

Cím/típus	Név	Tartalom
0x0098 (RW)	UART Timeout (ms)	16 bites érték Az UART kommunikáció timeout paraméterét tartalmazza, az értéket ms-ban kell megadni.
0x0099 (RW)	UART beállítások	16 bites regiszter: <ul style="list-style-type: none"> • 0x0000: 8 bit, nincs paritásbit, 1 stop bit • 0x0001: 2 stop bit • 0x0002: páros paritás • 0x0004: páratlan paritás • 0x0006: 9 bit, nincs paritás

A kommunikációs paraméterek aktualizálásához el kell menteni a paramétertáblát az EEPROM memóriába, majd újra kell indítani a készüléket.

Ha a készülék aktuális kommunikációs beállításai ismeretlenek, azaz nem lehet kommunikálni vele, akkor a készülék fedelének eltávolítása után a processzoros kártyán található J2 csatlakozót rövidre kell zárni, majd a készüléket újra kell indítani. Ennek hatására a készülék újraindul alapértelmezett kommunikációs paraméterekkel (paramétertábla ezután is az aktuális beállításokat tartalmazza).

4.6.3.2 Mérés beállításai

Cím/típus	Név	Tartalom
0x0071 (RW)	Váltó áttétele	32 bites IEEE float érték
0x0072 (RW)		Ha az értéke nem értelmezhető valós szám (NaN, inf... stb.) vagy nem esik a 10^{-3} ... 10^9 tartományba, akkor a hibaregiszter áttétel hibát jelez, és 1.0 értékkel számol a készülék. Értelemszerűen: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Árammérő TIT esetén [A/A] ▪ Feszültségmérő TIT esetén [V/V]
0x0073 (RW)	Árammérés mód kiválasztás	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 0x0000: 1A mód ▪ 0x0001: 5A mód

4.6.3.3 Határérték kapcsoló beállításai

Cím/típus	Név	Tartalom
0x0074 (RW)	Mód	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 15 bit: Invertálás ▪ 0x0: Nem invertált ▪ 0x1: Invertált
		<ul style="list-style-type: none"> ▪ 14...8 bit: Nem használt
		<ul style="list-style-type: none"> ▪ 7...0 bit: Forrásjel ▪ C_NONE: kikapcsolva ▪ C_MS_RMS: RMS érték (konstansokat lásd: Hiba! A hivatkozási forrás nem található.pontban)
0x0075(RW)	Határérték L [%]	32 bites float értékek
0x0076 (RW)		A névleges érték (váltóáttétellel együtt) százalékában megadva.
0x0077 (RW)	Hiszterézis H [%]	A következő feltételeknek teljesülnie kell, különben a hibaregiszter (pont) hibát jelez és a határérték kapcsoló nem működik
0x0078 (RW)		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mindkettő értelmezhető valós szám (egyik sem NaN, inf... stb.) ▪ $0 \leq L \leq 200$ ▪ $0 \leq H \leq 10$

4.6.3.4 Digitális kimenet beállításai

Cím/típus	Név	Tartalom
0x0079 (RW)	Digitális kimenet beállítások	<ul style="list-style-type: none"> 15...4 bit: Nem használt 3..0 bit: Forrásjel C_NONE: Nincs forrás, a kimenet a parancsregiszteren (pont) keresztül vezérelhető C_DS_LIMITER: Határérték-kapcsoló

4.6.3.5 Analóg karakterisztika beállításai

Cím/típus	Név	Tartalom	
0x007A (RW)	Mód	<ul style="list-style-type: none"> 15...12 bit: Forrásjel 11...8 bit: Kimenő jeltartomány 7...4 bit: Mért érték tartomány Nem használt <ul style="list-style-type: none"> C_NONE: kikapcsolva C_MS_RMS: RMS érték 0x0: 0...5mA 0x1: 0...20mA 0x2: 4...20mA 0x3: 0...10V 0xF: 0x007F...0x0086 regiszterekben megadott tartomány Áramkimenet esetén mA, feszültségkimenet esetén pedig V mértékegységben kell megadni a paramétereket 0x0: 0...RMS_{NOM} 0x1: 0...$1,2 \cdot RMS_{NOM}$ 0xF: A 0x007B...0x007E regiszterben megadott érték 	
0x007B (RW)	Mért érték alsó határa RMS_{LO} [%]	32 bites float értékek A névleges érték (váltóáttétellel együtt) százalékában megadva. Értéküket a készülék csak abban az esetben veszi figyelembe, ha a <i>Mód regiszter</i> 4...7 bitjeinek értéke 0xF. A következő feltételeknek teljesülnie kell, különben a hibaregiszter (pont) hibát jelez és a analóg karakterisztika nem működik <ul style="list-style-type: none"> Mindkettő értelmezhető valós szám (egyik sem NaN, inf... stb.) $0 \leq RMS_{LO} < 200$ $0 < RMS_{HI} < 200$ $RMS_{LO} + 0.1 \leq RMS_{HI}$ 	
0x007C (RW)			
0x007D (RW)	Mért érték felső határa RMS_{HI} [%]		
0x007E (RW)			
0x007F (RW)	Kimenő áram/feszültség a megadott tartomány alsó határán V_{LO} [mA/V]	32 bites float értékek Értéküket a készülék csak abban az esetben veszi figyelembe, ha a <i>Mód regiszter</i> 8...11 bitjeinek értéke 0xF. A következő feltételeknek teljesülnie kell, különben a hibaregiszter hibát jelez és a analóg karakterisztika nem működik <ul style="list-style-type: none"> Mindegyik értelmezhető valós szám (egyik sem NaN, inf... stb.) Kimeneti típustól függően a következő táblázatban felsoroltaknak 	
0x0080 (RW)		Áramkimenet esetén	Feszültségkimenet esetén
0x0081 (RW)	Kimenő áram/feszültség a megadott tartomány felső határán V_{HI} [mA/V]	$0\text{mA} \leq I_{LO}$ és $I_{HI} \leq 24\text{mA}$	$0\text{V} \leq V_{LO}$ és $V_{HI} \leq 12\text{V}$
0x0082 (RW)			
0x0083 (RW)	Minimális kimenő áram/feszültség S_{LO} [mA/V]	$I_{LO} + 1\text{mA} \leq I_{HI}$	$V_{LO} + 1\text{V} \leq V_{HI}$
0x0084 (RW)		$0\text{mA} \leq S_{LO}$ és $S_{HI} \leq 24\text{mA}$	$0\text{V} \leq S_{LO}$ és $S_{HI} \leq 12\text{V}$
0x0085 (RW)	Maximális kimenő áram/feszültség S_{HI} [mA/V]	$S_{LO} + 1\text{mA} \leq S_{HI}$	$S_{LO} + 1\text{V} \leq S_{HI}$

$$I_{LIN} = \frac{RMS_{HI} - RMS_{LO}}{RMS_{HI} - RMS_{LO}} \cdot I_{HI} - I_{LO} \cdot I_{LO}$$

$$I_{KI} = \begin{cases} S_{LO} & \text{ha } I_{LIN} \leq S_{LO} \\ S_{HI} & \text{ha } S_{HI} \leq I_{LIN} \\ I_{LIN} & \text{egyébként} \end{cases}$$

1. kifejezés

A kimenő áram a fenti értékekből (RMS: a mért jel a névleges érték százalékában):

4.6.3.6 Analóg kimenet beállításai

Cím/típus	Név	Tartalom	
0x0087 (RW)	Analóg kimenet beállítások	<ul style="list-style-type: none"> 15...4 bit: Nem használt 3..0 bit: Forrásjel 	<ul style="list-style-type: none"> C_NONE: Nincs forrás, a kimenet a parancsregiszteren (pont) keresztül vezérelhető C_AS_ANA_CHAR: Analóg karakterisztika

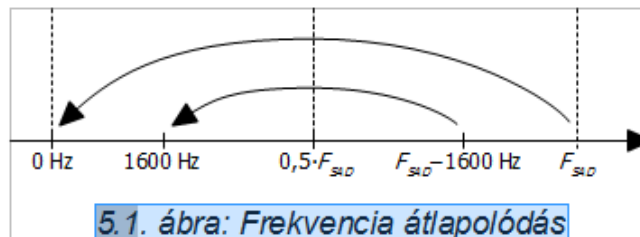
5. Mellékletek

5.1 Mintavétel

Az átlapolás-gátlás Σ/Δ elvű AD átalakítóval oldható meg legegyszerűbben (működési elvéből adódik). A készülék azonban a DSP-be integrált szukcesszív approximációs AD átalakítót használja, mivel ez jóval olcsóbb megoldás.

Az RMS számításánál a megfelelő pontosság eléréséhez az átlapolódó komponenseket legalább 50dB-el el kell nyomni. Mivel $F_S/2=1600\text{Hz}$, a legnagyobb hasznos komponens frekvenciája 1550 Hz. Erre a frekvenciára mintavételezés során az 1650Hz-es komponens lapolódik. Ez azt jelenti, hogy olyan analóg szűrőre lenne szükség, melynek átvitele 1550 Hz-en legalább majdnem 1, 1650Hz-en legfeljebb -50dB. Belátható, hogy ilyen meredek analóg szűrőt nagyon nehéz készíteni.

A készülék AD átalakítója emiatt $F_{SAD}=12800\text{Hz}$ frekvenciával mintavételezi a bemeneteket. A frekvencia átlapolódás ebben az esetben a 5.1 ábrán látható módon történik. Így a legkisebb frekvencia, mely a 0...1600Hz sávba lapolódik, az



$$F_{SAD}-1600\text{Hz}=11200\text{Hz}.$$

Így olyan analóg szűrőre van szükség, melynek átvitele 0...1600Hz tartományt kis hibával viszi át, 11200Hz felett az elnyomása nagyobb mint 50dB. A készülékben emiatt egy negyedfokú Butterworth szűrő van 2500Hz-es törésponttal. Átvitele 1600Hz-en: 0.99, és 11200Hz-en -52dB.

Az AD átalakítóból származó $F_{SAD}=12800\text{Hz}$ frekvenciával mintavételezett jelsorozat így a 0...1600Hz tartományban átlapolódás mentesnek tekinthető. A készüléksoftver egy 64 fokú digitális szűrővel kiszűri az 1600Hz feletti komponenseket (a szűrő átvitele 0...1300Hz tartományban $1\pm 0,002$, elnyomása 1900Hz felett 54dB). Majd a szűrt jel minden negyedik mintáját megtartva előáll a méréshez a $F_S=3200\text{Hz}$ mintavételi frekvenciájú jelsorozat (decimálás). Így ez a jel a 0...1600Hz tartományban tartalmaz információt (50Hz-es hálózati jel alsó 31 harmonikusa).