



Egy és háromfázisú távadók
**TMTG-1F, TMTG-1E,
TMTG-1M, TMTG-1R**
**TMTG-3F, TMTG-3E,
TMTG-3M, TMTG-3R**

Felhasználói leírás

Tartalomjegyzék

1.	Általános leírás	5
1.1	Biztonsági figyelmeztetések	5
1.2	A készülék rendeltetése	5
1.3	Készülék változatok.....	8
2.	Működési leírás	9
2.1	Hardver felépítés	9
2.1.1	Mérőváltók, feszültségosztók	9
2.1.2	DSP egységek.....	9
2.1.3	Áramgenerátorok.....	10
2.1.4	RS485 illesztő.....	10
2.1.5	Digitális ki- és bemenetek	10
2.2	Sorkapocs kiosztás és készülék bekötése	11
2.2.1	Sorkapocs kiosztás	11
2.2.2	Direkt bekötés három fázisú mérés esetén	13
2.2.3	Bekötés áramváltókkal mérés esetén	14
2.2.4	Bekötés Aron kapcsolású mérés esetén	14
2.2.5	Bekötés flexibilis áramszenzorokkal	15
FIGYELEM! Az 1..9 kapcsok, melyekhez az áramszenzorokat csatlakoztatni kell, a készüléken belül galvanikusan csatlakoznak a feszültségmérő bemenetekhez.		15
2.3	Felhasználói felület.....	16
2.3.1	Állapotjelző LED-ek	16
2.3.2	LCD, nyomógombok.....	16
2.4	Funkcionális leírás.....	18
2.4.1	Paramétertábla.....	18
2.4.2	Modbus protokoll	18
2.4.3	Analóg bemenetek, jelalak regisztrálás	18
2.4.4	Mérés	20
2.4.5	Digitális jelzések.....	22
2.4.6	Szinkronjel.....	23
2.4.7	Digitális bemenetek, impulzusszűrők	23
2.4.8	Impulzus számlálók	24
2.4.9	Digitális kimenetek	24
2.4.10	Határérték kapcsolók.....	25
2.4.11	Impulzus formálók	25
2.4.12	Maximumőrök.....	25
2.4.13	Kommunikáció időzítő	27
2.4.14	Digitális kimenetek közvetlen vezérlése	27
2.4.15	Analóg jelforrások.....	27
2.4.16	Analóg kimenetek közvetlen vezérlése	28
2.4.17	készülékóra	28
2.4.18	Archív tár, mérési rekordok, feszültség események	28
2.5	Műszaki adatok	31
3.	Kommunikációs vonal	33
3.1	Soros vonal	33
3.2	Protokoll	33
3.2.1	Implementált parancsok	33
3.2.2	Távíratok szerkezete	33
3.2.3	CRC számítása (Turbo Pascal példa kód).....	34
4.	ModBus, holding regiszterek kiosztása	35
4.1	Dinamikus regiszter allokáció	36
4.2	Elektronikus adattábla	36
4.3	Mért eredmények.....	36
4.3.1	Áram, feszültség és teljesítmény szorzó faktor	36
4.3.2	Pillanatértékek.....	37
4.3.3	Utolsó szinkronjel óta mért energia	38

4.3.4	Energia értékek	38
4.3.5	Fázisonkénti energia értékek.....	38
4.3.6	Utolsó szinkronjel óta számolt impulzusok száma	39
4.3.7	Milliszekundum számláló.....	39
4.3.8	Mérés állapotjelzők.....	40
4.3.9	Analóg bemenet állapotjelzők.....	40
4.3.10	Impulzusszámlálók	40
4.3.11	Felharmonikus RMS értékek	41
4.3.12	Felharmonikus fázisszögek	41
4.4	Digitális mintavételező értékek.....	42
4.5	Hibaregiszter	42
4.6	Analóg segédprocesszor hibaregiszter.....	43
4.6.1	Határérték kapcsolók vezérlése	44
4.6.2	Impulzusformálók vezérlése	44
4.6.3	Analóg kimenetek árama.....	44
4.6.4	ModBus impulzus parancsregiszter.....	44
4.6.5	Készülék újraindítása	44
4.6.6	Digitális kimenetek vezérlése	44
4.7	Készülékóra	45
4.8	Paramétertábla.....	46
4.8.1	Parancsregiszterek.....	46
4.8.2	Kommunikációs beállítások I.	46
4.8.3	Prellszűrők beállításai	46
4.8.4	mpulzusszűrők beállításai	47
4.8.5	Impulzusszámlálók beállításai	47
4.8.6	Szinkronjel beállítása	47
4.8.7	Digitális mintavételező beállítása	47
4.8.8	Mérés beállításai I.	47
4.8.9	Határérték kapcsolók beállításai.....	48
4.8.10	Impulzusformálók beállításai	48
4.8.11	Digitális kimenetek beállításai	48
4.8.12	Analóg jelforrások beállításai	49
4.8.13	Analóg kimenetek beállítása	50
4.8.14	Óra beállítása	50
4.8.15	Maximumőrök beállításai.....	50
4.8.16	Mérési rekord opciók	51
4.8.17	Jelalak buffer beállítások	52
4.8.18	Kalibrációs adatok	52
4.8.19	Regiszter címtartomány konfiguráció	53
4.8.20	Fenntartott regiszterek I.	53
4.8.21	Kommunikációs beállítások II.	53
4.8.22	Mérés beállításai II.	53
4.8.23	4.9.23Kommunikáció időzítő beállítása	53
4.9	Archív tár.....	53
4.9.1	Archív tár információ	53
4.9.2	Archív tár, rekord buffer parancs- és állapotregiszterek	54
4.9.3	Archív tár, rekord buffer.....	55
4.9.4	Mérési rekord	56
4.9.5	Feszültség esemény rekord	58
4.9.6	Készülék esemény rekord	59
4.10	Jelalak buffer.....	59
4.10.1	Parancs-, mód- és állapotregiszterek	59
4.10.2	Adatregiszterek	60
4.11	TMT D-vel kompatibilis regiszterek	60
4.12	Aktuális regisztercím konfiguráció	61
4.13	A normált értékek átszámítása fizikai mennyiségekre	61
4.13.1	A szorzó faktorok értékei.....	61

4.13.2	Fázis-, vonali- és szimmetrikus feszültségek.....	61
4.13.3	Fázis-, nullvezető- és szimmetrikus áramok.....	62
4.13.4	Harmonikusok RMS értékei.....	62
4.13.5		62
4.13.6	Harmonikusok fázisszöge	62
4.13.7	Harmonikus torzítás	62
4.13.8	Csúcsstényező.....	62
4.13.9	Teljesítmények, teljesítménytényező	62
4.13.10	Energia	62
4.13.11	Impulzus-energia egyenérték.....	63
4.13.12	Frekvencia	63
4.13.13	Jelalak buffer minták.....	63
4.14	Táblázatokban használt konstansok	63
4.14.1	Időtartam	63
4.14.2		63
4.14.3	Mérések	64
4.14.4	Digitális jelforrások	65
5.	Mellékletek.....	66
5.1	Analóg karakterisztika paramétereinek számítása, példa.....	66
5.2	Torzított jelek mérése.....	67
5.2.1	Teljesítmények váltójelek esetén.....	67
5.2.2	Szinuszos eset, rezisztív fogyasztó.....	67
5.2.3	Szinuszos eset, általános fogyasztó.....	68
5.2.4	Általános periodikus eset, hatásos teljesítmény	70
5.2.5	Effektív érték	71
5.2.6	Általános periodikus eset, látszólagos- és meddő teljesítmény	71
5.2.7	Teljesítmények összefoglalva.....	74
5.2.8	Meddő teljesítmény mérése VERTESZ műszerekben.....	74
6.	Jótállás, szerviz	74

1. Általános leírás

1.1 Biztonsági figyelmeztetések

FIGYELEM, ÉLETVESZÉLY !

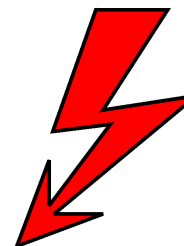
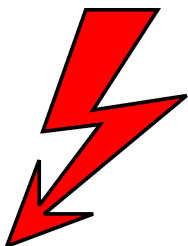
Hálózatra kapcsolt készülék fedelét eltávolítani TILOS és ÉLETVESZÉLYES!

A készülékben a nyomtatott áramköri kártyák (processzoros kártya is!) 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 TMTG XF távadó 0,4kV-os feszültségű egyfázisú (TMTG-1F, TAMG-1E, TMTG-1M, TMTG-1R) és háromfázisú (TMTG-3F, TAMG-3E, TMTG-3M, TMTG-3R) hálózatokon a következő mennyiségek mérésére, regisztrálására, a mért jelek analóg (áramgenerátor), és digitális (RS232/485, ModBus) távadására alkalmas:

- ♦ Feszültségjellemzők:
 - Fázisfeszültségek valódi effektív értéke (U_{LN})
 - Vonalis feszültségek valódi effektív értéke (U_{LL}) – csak 3 fázisú esetén
 - Fázisfeszültségek szimmetrikus komponensei (U_{SYM}) – csak 3 fázisú esetén
 - Fázisfeszültségek harmonikus torzítása (THD_U)
 - Fázisfeszültségek 1...31 harmonikus összetevői ($U_{H1}...U_{H31}$)
 - Feszültség események
 - Frekvencia
 - 8 periódus hosszú jelalak
- ♦ Áramjellemzők
 - Fázisáramok valódi effektív értéke (I_L)

- Nullvezető áram valódi effektív értéke (számolt; I_N) – csak 3 fázisú esetén
- Fázisáramok szimmetrikus komponensei (I_{SYM}) – csak 3 fázisú esetén
- Fázisáramok harmonikus torzítása (THD_I)
- Fázisáramok 1...31 harmonikus összetevői ($I_{H1}...I_{H31}$)
- Fázisáramok csúcstényezője (CF_I)
- 8 periódus hosszú jelalak
- ♦ Teljesítményjellemzők:
 - Fázisonkénti és összes hatásos teljesítmény ($P_L, \Sigma P$)
 - Fázisonkénti és összes meddő teljesítmény ($Q_L, \Sigma Q$)
 - Fázisonkénti és összes látszólagos teljesítmény ($S_L, \Sigma S$)
 - Fázisonkénti és összesített teljesítmény tényező (PF_L, PF_Σ)
- ♦ Fogyasztott és visszatáplált hatásos, induktív és kapacitív meddő energia ($E_{P+}, E_{P-}, E_{Q+}, E_{Q-}$)

A bemenő áram- és feszültségjelekből a készülék nagy teljesítményű DSP processzora végzi a felsorolt mennyiségek számítását, így biztosított jelentős harmonikus torzítás mellett is a pontos mérés.

Megadható indítófeltételek (trigger) teljesülése esetén a készülék egy 8 periódus hosszúságú felvételt készít mind a hat bemenő csatorna jeléről. A regisztrált jelalakot a kikapcsolásig, vagy a trigger újraélesztéséig tárolja a készülék a RAM memóriában.

Mind a négy energiafajtához két-két számláló tartozik. Az összesített energia számlálók névleges teljesítmény mérése esetén kb. 5,7 év után csordulnak túl. A szinkronjellel (lásd lejjebb) nullázható időszakos energiaszámlálók 1 óra után csordulnak túl névleges teljesítmény mérése esetén.

A készülék 6db optocsatolóval leválasztott digitális porttal rendelkezik. Ezek a következő konfigurációkban lehetnek ki- vagy bemenetek:

- ♦ 2 ki - 4 be
- ♦ 3 ki - 3 be
- ♦ 4 ki - 2 be

A beállítás gyártáskor dől el. Minden bemeneten szoftveres prellszűrő van. A bemenetek állapotait digitális mintavételezők figyelik beállítható periódusidővel. Az utolsó 16 minta a kommunikációs vonalon keresztül kiolvasható.

A TMTG rendelkezik három, a digitális bemenetekhez rendelhető impulzusszámlálóval. Így a készülékkel impulzuskimenettel rendelkező mérők jelei fogadhatóak.

A digitális bemenetek felhasználhatóak a belső óra szinkronizálásához. Megfelelő beállítás esetén a kiválasztott bemenetre adott impulzus e legközelebbi egész percre állítja az órát.

A digitális (open collector) kimenetek beállítástól függően működhetnek hiszterézises határérték kapcsolóként. Ebben az esetben tetszőlegesen kiválasztott mérési mennyiség, vagy impulzusszámláló megadott értéke felett vagy alatt kapcsol be a kimenet. A digitális kimenetek lehetnek impulzuskimenetek. Ebben az esetben a mért energiának megfelelő mennyiségű impulzust ad a készülék, vagy a belső szinkronjel használható fel impulzusforrásként. Így más készülékek szinkronizálhatóak a TMTG-hez.

Három maximumőr is működik a készülékben. A maximumőrök a mért időszakos energiaszámlálók vagy az impulzusszámlálók aktuális értékeiből egy becslést készítenek a megadott időszak végére. Amennyiben ez a becsült érték meghaladja a megadott határértéket, a készülék a kiválasztott digitális kimeneten egy jelzést ad. A három maximumőr kaszkádba kapcsolható, így egy háromfokozatú maximumőrként működik.

A szinkronjel hatására a kiválasztott pillanatértékek átlagát, minimumát és maximumát, az

időszakos energia értékeket és az impulzusszámlálók nullázás előtti értékeit tartalmazó rekordot ment az archív tádba, mely a készülék 2Mbyte nagyságú FLASH memóriájában tárolódik. A tádba menthető rekordok száma attól függ, hogy mely értékek kerülnek regisztrálásra. Az összes opció kiválasztása esetén kb. 6500 rekord fér a tádba, ami 15 percenkénti regisztrálás esetén kb. 70 napnyi adatot jelent. De pl. ha a minimum és maximum értékek nem kerülnek regisztrálásra, 15500 rekord fér a tádba, ami percenkénti regisztrálással is 11 napnyi adatot jelent. Mikor a tár megtelik, mindig a legrégebbi rekord íródik felül.

Ha a fázisfeszültségek valamelyike kilép a $0,9 U_N \dots 1,1 U_N$ sávból (U_N a névleges feszültség), azaz feszültség esemény történik, a készülék az archív tár események számára fenntartott részébe egy feszültség esemény rekordot ment, mely tartalmazza az esemény idejét, hosszát, és feszültségét. Összesen 3072db eseményrekordot tud tárolni a készülék. Ha az eseménytár megtelik, az új események mindig a legrégebbi rekordokat írják felül.

A regisztrációt, az időszakos energiamérők és az impulzusszámlálók nullázását időzítő szinkronjel forrása lehet valamelyik digitális bemenet, vagy a készülék óra (1...60 perc között perces felbontással megadható periódusidővel), vagy kiváltható az kommunikációs vonalon egy ModBus regiszter írásával.

1.3 Készülék változatok

A TMTG készüléknek négy változata van. Ezek a változatok a képességekben különböznek egymástól. Az alábbi táblázatban látható, hogy mely funkciók mely változatokban érhetőek el.

1.1. táblázat: A különböző TMTG változatok képességei

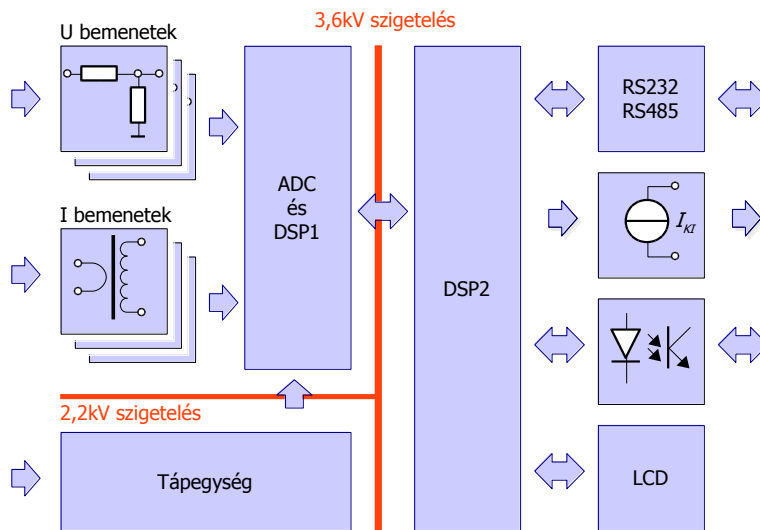
Funkció	Teljesítmény- mérő TMTG- 1F, TMTG-3F	Energiamérő, TMTG-1E, TMTG-3E	Maximumőr: TMTG-1M, TMTG-3M	Analizátor, TMTG-1R, TMTG-3R
Mérések				
▪ Áram és feszültség RMS	☐	☐	☐	☐
▪ Áram és feszültség szimmetrikus* összetevők	☐	☐	☐	☐
▪ Vonali feszültségek*	☐	☐	☐	☐
▪ Nullvezető árama*	☐	☐	☐	☐
▪ Frekvencia	☐	☐	☐	☐
▪ Áram és feszültség jelalak	☐	☐	☐	☐
▪ Teljesítmények, teljesítménytényező	☐	☐	☐	☐
▪ Energia értékek		☐	☐	☐
▪ Áram és feszültség THD				☐
▪ Áram és feszültség harmonikus összetevők				☐
▪ Áram csúcsstényező				☐
Regisztrálás				
▪ Mérési rekordok		☐	☐	☐
▪ Feszültség események		☐	☐	☐
Digitális bemenetek				
▪ Bemenetek		☐	☐	☐
▪ Impulzus számláló		☐	☐	☐
Digitális kimenetek				
▪ Határérték kapcsoló	☐	☐	☐	☐
▪ Energiamérő impulzusok		☐	☐	☐
▪ Maximumőr			☐	☐
Egyéb funkciók				
▪ Valós idejű óra		☐	☐	☐

* Csak 3 fázisú készülékeknél

2. Működési leírás

2.1 Hardver felépítés

Ebben az alfejezetben a hardver főbb elemeinek leírása olvasható. A készülék hardver elvi felépítése az 2.1. ábrán látható.



2.1. ábra: Készülék hardver elvi felépítése

2.1.1 Mérőváltók, feszültségosztók

A mérőváltók és feszültség osztók feladata a mérendő jel átalakítása a DSP egységben található A/D átalakító részére. A mérőváltók és feszültségosztók típusa határozza meg, hogy az áram- és feszültségjeleket a készülék milyen méréshatárral méri. A következő típusok léteznek:

2.1. táblázat: Mérőváltó típusok

Feszültségmérés [V]	Árammérés [A]
57,732	1/5
100	50*
115,74	100*
200	1000*
230,94	

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 tekercssel rendelkezik. Az ilyen áramváltóval gyártott készülékeknek az áram bemenetein három villamos kapocs van: egy közös és egy-egy az 1A és 5A mérésére. A helyes méréshez azonban a készülék paramétertáblájába be kell állítani, hogy aktuálisan melyik méréshatárban működik a készülék.

*Árammérés speciális nagy pontosságú, kis méretű áramváltóval történik.

2.1.2 DSP egységek

Amint a fenti ábrán látható, a készülékben két DSP processzor is van. Az első (DSP1) kezeli az analóg-digitális (továbbiakban: AD) átalakítót. Feladata a jelkondicionálás és kalibráció. Mivel az AD átalakító feszültségosztóval közvetlenül kapcsolódik a mérendő hálózathoz, a két DSP optocsatolókon keresztül kommunikál egymással. DSP1 szűrt és kalibrált mintákat szolgáltat a DSP2 számára.

A DSP2 egység fő elemei a DSP (*Digital Signal Processor*) vezérlő, FLASH memória és egy valós idejű óra IC. A készülék működtetését a DSP vezérlőn futó készülékszoftver végzi. A készülékszoftver logikai egységeinek leírása a 2.4 alfejezetben található.

2.1.3 Áramgenerátorok

A készülék három áramgenerátorral rendelkezik. Az áramgenerátorok $-24...24\text{mA}$ tartományban képesek áramot áthajtani maximum $R_T=500$ terhelésen.

Az áramgenerátorok a készülék által mért mennyiségek bármelyikéhez hozzárendelhetők. Az áramgenerátorok karakterisztikája lineáris, tetszőleges meredekség (>0), ofszet, alsó- és felső telítési szint beállítható. Így 0-20, 4-24... stb. kimeneti karakterisztikát is be lehet állítani. (Részletek a 2.4 alfejezetben olvashatóak.)

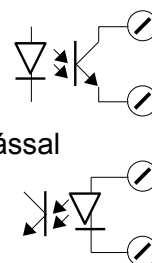
2.1.4 RS485 illesztő

A készülék szabványos RS485 vonalon ModBus protokoll szerint *slave* módú kommunikációra képes. Az RS485 vonalon készülék adattábla, mérési eredmények, az áramgenerátorok, digitális ki- és bemenetek paraméterei olvashatóak ki és állíthatók be. A kommunikáció részletei 3. és 4. fejezetben találhatóak.

2.1.5 Digitális ki- és bemenetek

A TMTG készülékeknek hat digitális portja van. Ezek a következő konfigurációkban lehetnek ki- vagy bemenetek: 2/4, 3/3 vagy 4/2 (ki/be).

A készülék sorkapcsaihoz egy optocsatoló NPN tranzisztorának emitter és collector kimenetei, illetve diódájának anódja és katódja (megfelelő áramkorlátozó ellenállással sorba kapcsolva) csatlakozik (ld. 2.2. ábrát). Emiatt mind a bemenetek meghajtásához, mind a kimenetek használatához külső megáplálás szükséges, a polaritásra figyelni kell.

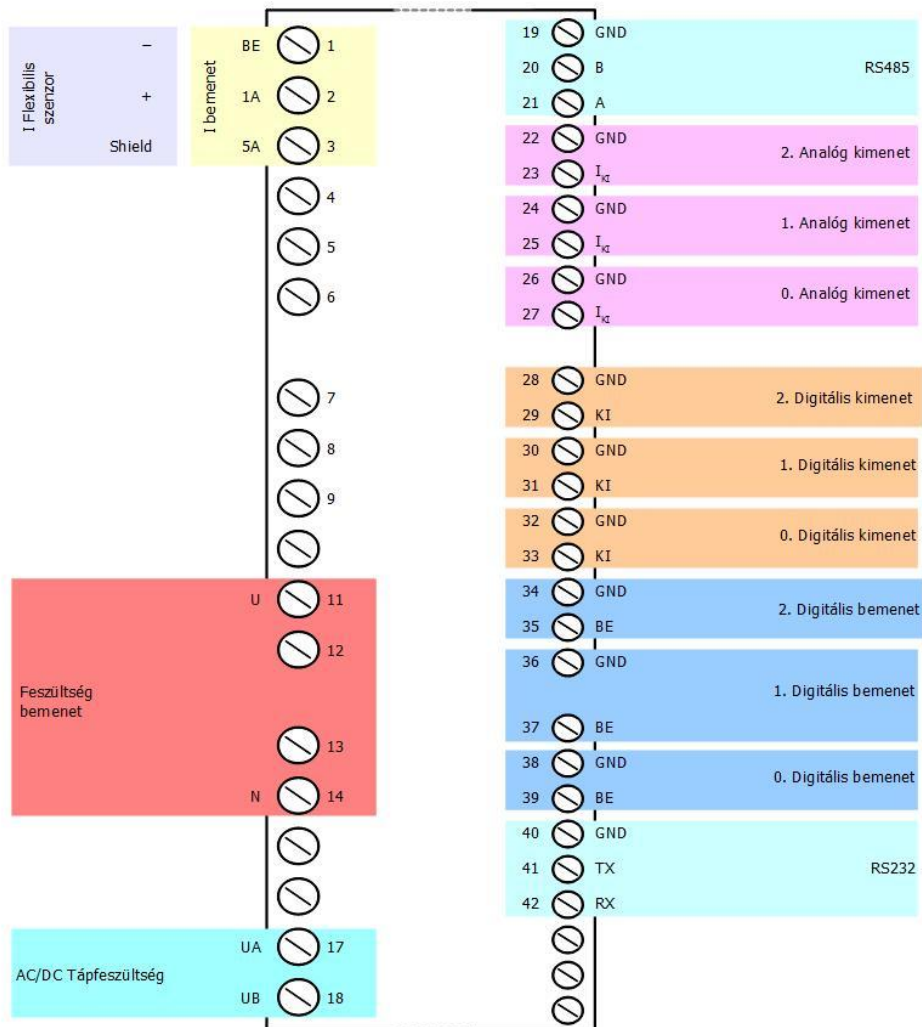


2.2. ábra

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

2.2 Sorkapocs kiosztás és készülék bekötése

2.2.1 Sorkapocs kiosztás

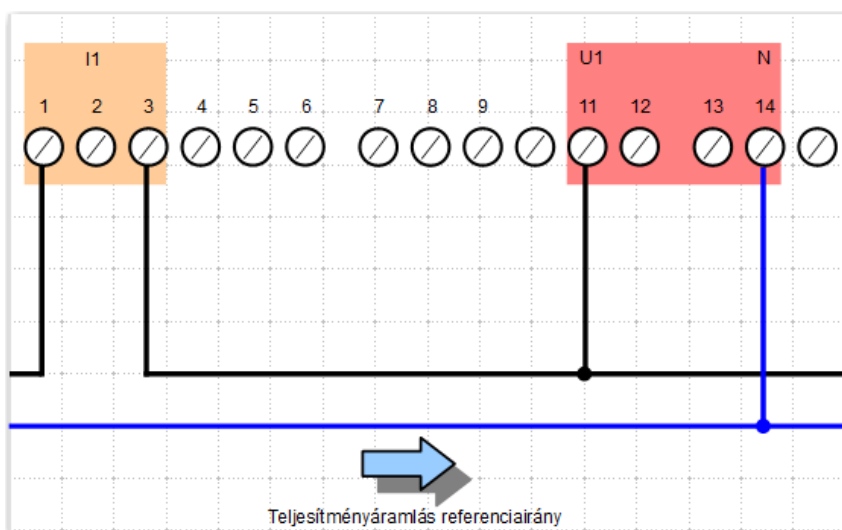


2.3. ábra: TMTG-1X Sorkapocs kiosztás

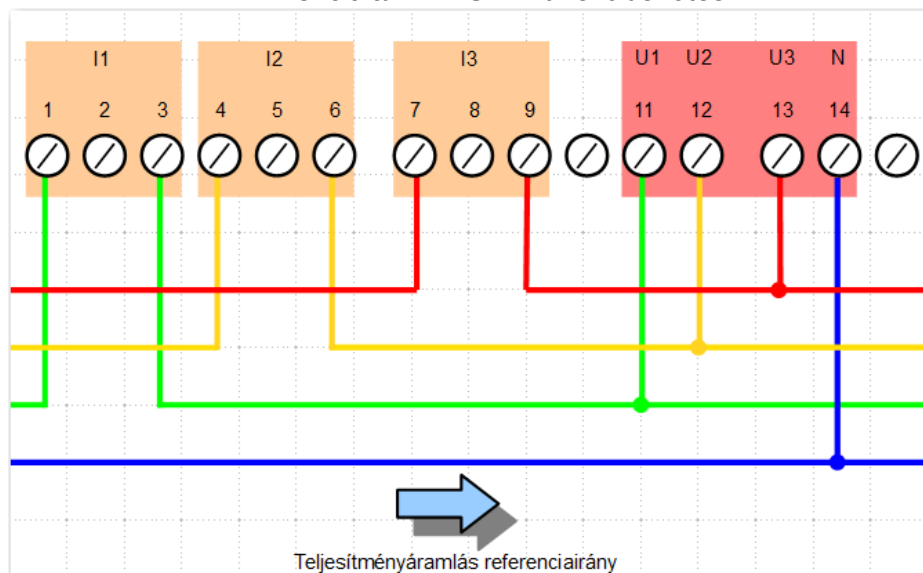


2.4. ábra: TMTG-3X Sorkapocs kiosztás

2.2.2 Direkt bekötés három fázisú mérés esetén



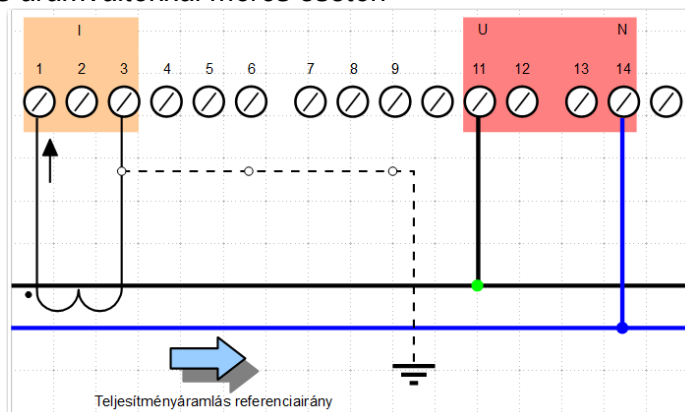
2.5. ábra: TMTG-1X direkt bekötés



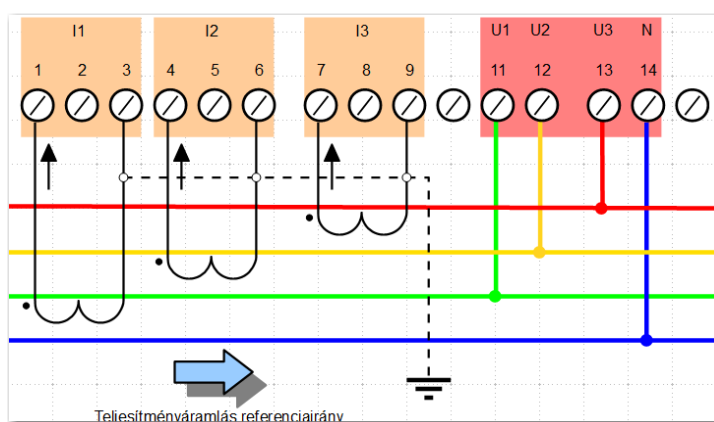
2.6. ábra: TMTG-3X direkt bekötés

Direkt bekötés esetén a távadó árambemenetei sorba kapcsolódnak a fogyasztóval. Mivel az árambemenetek galvanikusan el vannak választva egymástól és a készülék egyéb bemeneteitől, közvetlenül csatlakoztathatóak a fázisvezetőkre, amint azt a 2. ábra mutatja. A „BE” jelölésű kapcsokat (1, 4 és 7) kell a betáplálásra csatlakoztatni. 1A méréshatár esetén a 2, 5 és 8 kapcsokra, 5A méréshatár esetén a 3, 6 és 9 kapcsokra kell a fogyasztót csatlakoztatni. (A méréshatárt a készülék elektronikus paramétertáblájában is ki kell választani, megfelelő – pl. Vertesz VERA – szoftverrel)

2.2.3 Bekötés áramváltókkal mérés esetén



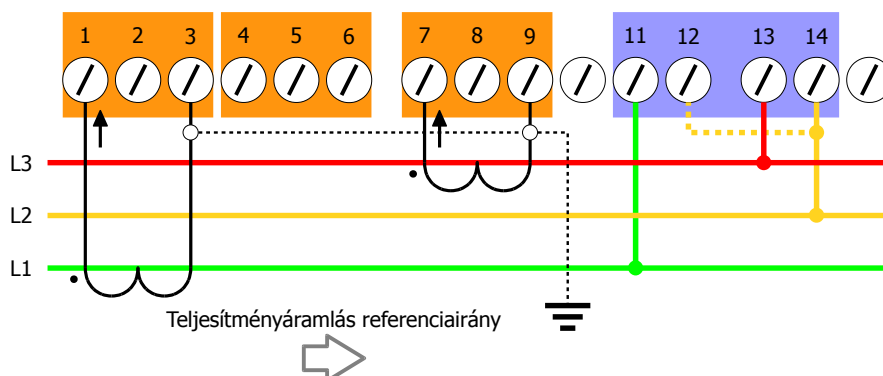
2.7. ábra: TMTG-1X áramváltós bekötés



2.8. ábra: TMTG-3X áramváltós bekötés

Áramváltós bekötés esetén a távadó „BE” jelölésű kapcsaihoz (1, 4 és 7) az áramváltó szekunder kapcsai közül az kell kapcsolni, melynek a primer párja a betáplálásra csatlakozik. 1A méréshatár esetén a 2, 5 és 8 kapcsokat, 5A méréshatár esetén a 3, 6 és 9 kapcsokat kell a másik szekunderre csatlakoztatni. (A méréshatárt a készülék elektronikus paramétertáblájában is ki kell választani, megfelelő – pl. Vertesz VERA – szoftverrel)

2.2.4 Bekötés Aron kapcsolású mérés esetén



2.9. ábra: Bekötés Aron kapcsolású mérés esetén

Aron kapcsolású bekötésre akkor van szükség, ha csak két áramváltó van a rendszerben. Ilyenkor csak akkor pontos a mérés, ha a fogyasztó nincs a nulla vezetőre csatlakoztatva. Az Aron kapcsolású bekötés mindig attól függ, hogy melyik fázisvezetőn **nincs** áramváltó.

Amelyik fázisvezetőn nincs áramváltó, azt kell a készülék „N” jelölésű feszültségbemenetére (14 kapocs) csatlakoztatni.

A másik két fázisvezetőt a készülék megfelelő fázis bemeneteire kell csatlakoztatni.

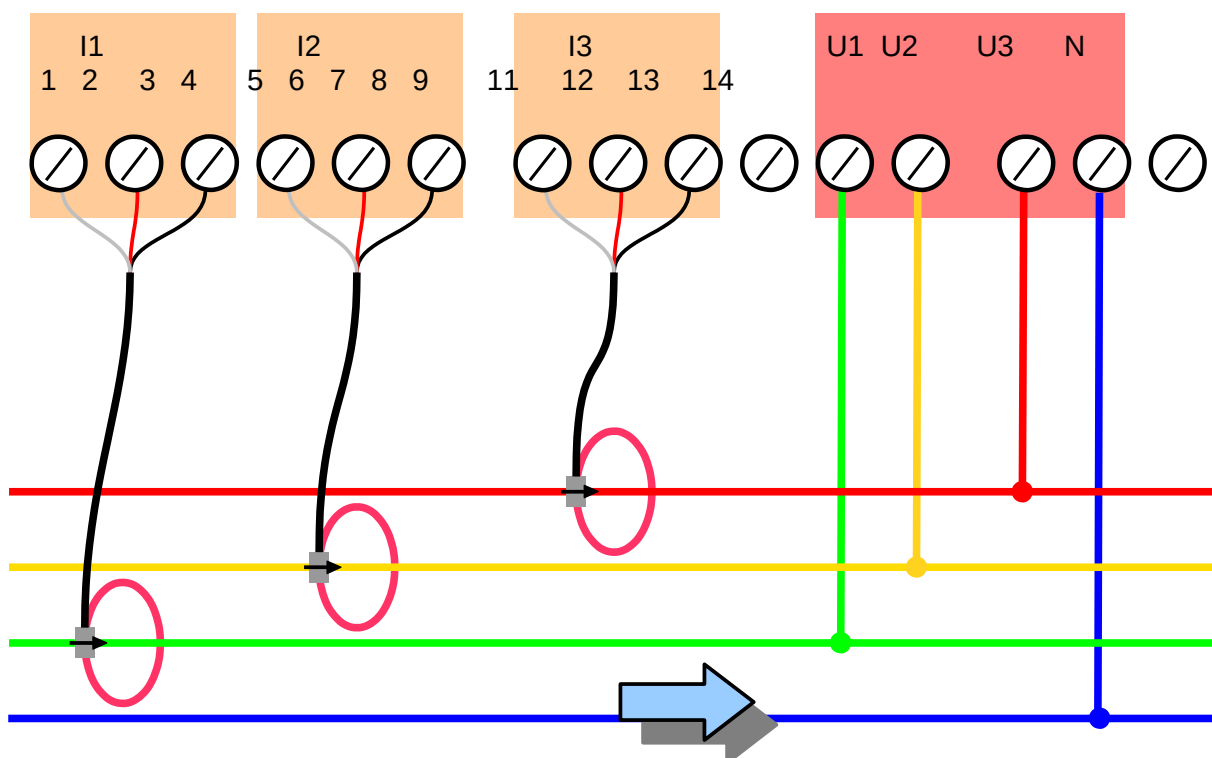
Az áramváltókat a megfelelő árambemenetekhez csatlakoztatni. A referenciáirányokra ugyanúgy figyelni kell, mint három fázisú bekötés esetén (előző oldalon olvasható)

A 4. ábra azt az esetet mutatja, amikor az L2 fázisvezetőn nincs áramváltó. Ha valamelyik másik vezetőn nincs akkor a fenti szabályok szerint kell csatlakoztatni a készüléket értelemsszerűen.

Nagyon zajos környezetben előfordulhat, hogy a szabadon maradt fázisbemenetet össze kell kötni a nulla bemenettel (sárga szaggatott vonal az ábrán).

Aronkapcsolás esetén a készülék L-N bemenetpárjai vonali feszültségre csatlakoznak! A méréshez a megfelelő feszültségbemenetű készüléket kell alkalmazni!

2.2.5 Bekötés flexibilis áramszenzorokkal



Teljesítményáramlás referenciáirány
2.10. ábra: Bekötés flexibilis áramváltókkal

Flexibilis áramszenzoros méréshez, az áramszenzorok jelének fogadására alkalmas távadó változatra és a VERTESZ által a készülékkel együtt szállított szenzorokra van szükség.

FIGYELEM! Az 1..9 kapcsok, melyekhez az áramszenzorokat csatlakoztatni kell, a készüléken belül galvanikusan csatlakoznak a feszültségmérő bemenetekhez.

Az áramszenzorokat szerelni, a készülékhez csatlakoztatni csak a készülék feszültségmentes állapotában szabad!

Sérült szigetelésű áramszenzort használni nem szabad!

Az áramszenzorokon a hozzájuk tartozó készülék gyári száma és a fázis (L1, L2, L3) fel van tüntetve. Szenzorokat egymással felcserélni nem szabad, mivel a készülékkel együtt vannak kalibrálva.

A készülék 1, 4 és 7 kapcsaihoz a szenzor **fehérral** jelölt „negatív” kimenetét kell csatlakoztatni.

A készülék 2, 5 és 8 kapcsaihoz a szenzor **pirossal** jelölt „pozitív” kimenetét kell csatlakoztatni.

A készülék 3, 6 és 9 kapcsaihoz a szenzor **feketével** jelölt árnyékolását kell csatlakoztatni.

A szenzort úgy kell a vezetőre helyezni, hogy a sötétszürke mechanikus kapcsán található kis nyíl a betáplálástól a fogyasztó felé mutasson.

2.3 Felhasználói felület

A TMTG készülékek előlapján minden esetben található 4 db LED, mely a készülék működési állapotait jelzi. Opcionálisan egy LCD kijelzőből és 6 nyomógombból álló felhasználói felülettel is rendelkezhet a készülék.

2.3.1 Állapotjelző LED-ek

Az egyes LED-ek jelentése a következő táblázatban látható:

2.2. táblázat: Előlap LED-ek jelentése

Szín	Felirat	Jelentés
Zöld	PWR	▪ Folyamatosan világít, ha a készülék tápfeszültség alatt van, a tápegység modul működőképes.
Sárga	SYNC OUT	▪ Folyamatosan világít, ha a mintavételezés nincs szinkronban a bemenő jel frekvenciájával. Ha a készülék legalább egy bemenetén 0.05UN –nél nagyobb feszültség van és a bemenő jel frekvenciája a 47,5...52,5Hz tartományba esik, akkor néhány másodperc alatt képes szinkronizálni. Csak gyors fázisugrások esetén esik ki a szinkronból.
Zöld	COMM	▪ A LED felvillanásai a készülék kommunikációs portján történt adatforgalmat jelzi (Vétel/adás).
Piros	ERR	▪ Működőképes készülék esetén a tápfeszültségre kapcsolásakor rövid ideig gyorsan villog, majd kialszik. Ez a készülék inicializálását jelzi. ▪ Lassú villogás azt jelzi, hogy a készülékszoftver fut, de valamilyen hibát talált. A hiba kódja a hibaregiszterből olvasható ki (4.2.4 alfejezet) ▪ Folyamatosan világít, ha a készülék szoftver nem fut, a készüléket javítani kell.

2.3.2 LCD, nyomógombok

Az LCD kijelző és a 6 nyomógomb a készülék által mért mennyiségek megjelenítésére, néhány működési paraméter, és a készülékóra beállítására alkalmasak.

♦ Mért mennyiségek, és bemenő jelalakok kijelzése

A készülék tápfeszültségre kapcsolása után a kijelzőn az *alapkép* látható. Ezen a készülékóra szerinti aktuális dátum, idő, és a készülék kikapcsolása előtti utolsó beállításkor kiválasztott mérési mennyiség(ek) vagy a jelalakok láthatóak. A (fel) és (le) gombokkal választhatóak egymás után sorban a többi mért mennyiség aktuális értékei vagy a jelalakok. A (balra) és (jobbra) gombokkal a három kijelzési mód közül lehet választani. Az egyik módban viszonylag nagy számokkal egy mérési mennyiség látható a kijelzőn. A másik mód, mikor kis számokkal egy vagy két oszlopban, három vagy négy sorban, egyszerre több mérési mennyiség jelenik meg. Ebben az esetben a és gombokkal a csoportok választhatóak ki. A harmadik mód a jelalakok megjelenítése. A és gombokkal különféle jelalak csoportok választhatóak.

A pillanat értékeket (U , I , P , Q ... stb.) mindig fixpontos formátumban, 4 számjegy pontossággal jelzi ki a készülék a szokásos SI prefixek használatával (p, n, , m, k, M, G). A formátum (SI prefix, tizedesvessző helye) a készülék által mért névleges érték függvénye (bemenetek és váltók).

Pl. 230,94V és 25A esetén:

♦ Feszültség formátuma: **230,9**

♦ Áram formátuma: **25,00**

♦ Teljesítmény formátuma ($S_{NOM} = 3 \cdot 230,94V \cdot 25A = 17\,320,5VA$): **17,32k**

Az ilyen értékek egyedi kijelzés esetén 6mm magasságú számokkal, csoportos kijelzés esetén két oszlopban jelennek meg.

Az összesített energia értékek 9 jegy pontosságú fixpontos formátumban jelennek meg. A tizedesvessző utáni jegyek száma és az SI prefix a névleges teljesítmény formátumával egyező.

Pl. 230,94V és 25A 100 óra alatti folyamatos mérése esetén:

♦ Energia formátuma ($E = 17,3205kVA \cdot 100h = 1,735050MVAh$): **1732,05k**

Az ilyen értékek a sok számjegy miatt egyedi kijelzés esetén kisebb, 4mm magasságú számokkal, csoportos kijelzés esetén egy oszlopban jelennek meg.

FIGYELEM! A kijelzett energia a készülék belső számbábrázolása miatt nem 999...999 után, hanem 50 000 órányi névleges energia mérése után csordul túl nullára.

$E_{MAX} = 50000h \cdot 3 U_{NOM} I_{NOM}$. Azaz a fenti példa esetén 866,025MVAh után. (További információ a 4.2.2 és 4.5 alfejezetben található).

♦ Működési paraméterek beállítása

Amíg a kijelzőn az *alapkép* látható, az ENTER gomb megnyomásával lehet a hierarchikus menürendszerbe belépni. A menüpontok között értelemszerűen a és gombokkal lehet lépkedni. Az egyes menüpontokhoz almenük, funkciók, vagy adatbeviteli képek tartozhatnak. Ezek aktiválása a ENTER gomb segítségével történik. Az ESC gombbal lehet a menürendszerben egy szinttel feljebb lépni.

Háromféle adatbeviteli kép létezik:

- ♦ **Egyszeres választás** (pl. kommunikációs sebesség). A választási lehetőségek egymás alatt felsorolva láthatóak. Ezekből mindig csak egy választható ki. Mindegyik sor előtt egy kör látható. A kitöltött kör jelzi az aktuálisan kiválasztott opciót. (és és ENTER gombokkal lehet választani). Ha több lehetőség van, mint amennyi az LCD-re egy időben ráfér, akkor a legalsó és legfelső elemek után továbblépve a lista továbbgördül, így láthatóvá válnak a további listaelemek is.
- ♦ **Többszörös választás**. A választási lehetőségek egymás alatt felsorolva láthatóak. Itt minden egyes listaelem egymástól függetlenül kiválasztható. Mindegyik sor előtt egy négyzet látható. A kitöltött négyzet jelzi az aktuálisan kiválasztott opciókat. (és és ENTER gombokkal lehet választani). Ha több lehetőség van, mint amennyi az LCD-re egy időben ráfér, akkor a legalsó és legfelső elemek után továbblépve a lista továbbgördül, így láthatóvá válnak a további listaelemek is. (Ez az adatbeviteli kép jelenleg nem használt)
- ♦ **Numerikus adatbevitel**. (pl. váltó áttételek) A képen egy vagy több numerikus beviteli mező található. A beviteli mezők közül maximum egy aktív. A villogó kurzor jelzi az aktív beviteli mezőt. Ha egyik mező sem aktív, akkor az ESC gomb hatására a kijelző kilép az adatbeviteli képből. A → és ↓ gomb a legfelső, a ← és ↑ gomb a legalsó mezőt aktiválja. Ha valamelyik mező aktív, akkor a → és ← gombok mozgatják a kurzort. A ↑ és ↓ gombokkal lehet a kurzor pozíciójában előjelet (-), számjegyet (0...9), tizedesvesszőt vagy SI prefixet (p, n, , m, k, M, G) kiválasztani. Ha a kurzor az utolsó karakter utáni üres mezőn, vagy SI prefixen áll, akkor a → gombra a következő szerkesztő mező aktiválódik. Az ESC megszakítja a szerkesztést, a mező inaktívulódik.

A menü hierarchia és az egyes beállítási lehetőségekhez tartozó megjegyzések a következő táblázatban találhatóak.

2.3. táblázat: Menürendszer

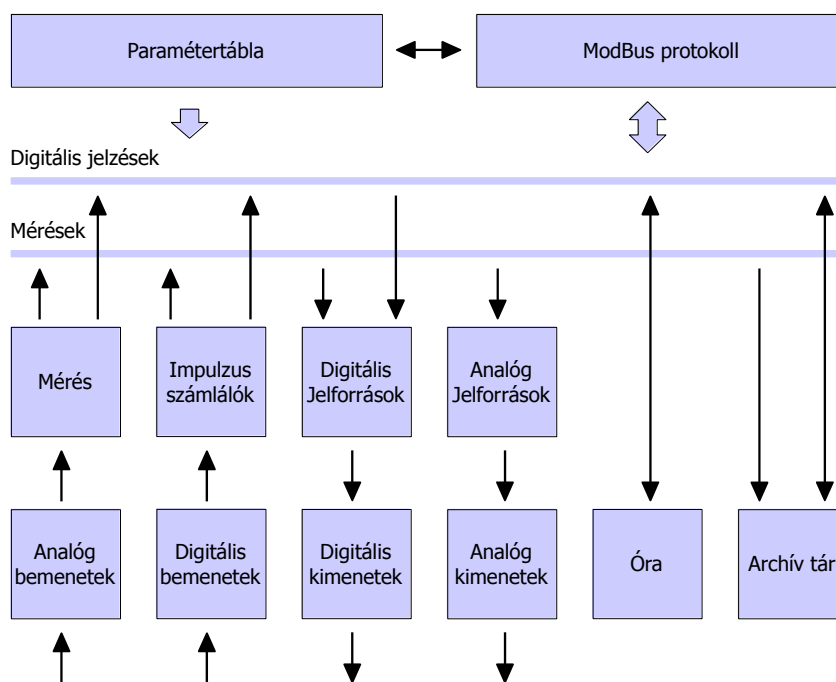
Menü			Megjegyzés
Főmenü	Kommunikáció	Cím	A készülék címe 1.250 tartományban állítható be. Ennél kisebb beállított érték esetén a cím 1, nagyobb érték esetén 250 lesz. A beállítás aktualizálásához a készüléket újra kell indítani!
		Sebesség	A beállítás aktualizálásához a készüléket újra kell indítani!
	Bemenetek	Váltók	A kijelzésnek megfelelően a váltók primer értékeit kell beállítani. Pl.: 300A/5A. Pontosabban fogalmazva azt a bementő értéket, melyre a váltó a készülék névleges jelszintjével válaszol.

		1A/5A mód	1A/5A bemenet esetén ki kell választani az aktuálisan használt bemenetet. Más bemenettípus esetén a beállításnak nincs hatása.
	Óra		A készülékóra (dátum és idő) beállítása.
	Készülék RESET		A készülék újraindítása.
	Készülék adatlap		A készülék adatai (típus, bemenetek, gyári szám....)

A beállítások elvégzése után, a főmenübe történő visszatéréskor a készülék rákérdez, hogy a valóban szeretnénk-e az általunk beállított paramétereket aktualizálni és menteni a FLASH memóriába. Ilyenkor az ENTER gombbal lehet *igen* választ adni, az ESC gombbal lehet *nem* választ adni.

2.4 Funkcionális leírás

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 2.5. ábrán látható. A következő pontokban az ábrán látható logikai egységek elvi leírása olvasható. További részletek a ModBus regiszterek leírásánál a 4. fejezetben találhatóak. Ez az alfejezet és a 4. fejezet együttesen ad teljes információt az egyes egységek működéséről.



2.11. ábra Szoftver blokkvázlat

2.4.1 Paramétertábla

A paramétertábla a készülék és azon belül a fenti ábrán látható blokkok működését befolyásoló paraméterek összessége. A paramétertábla adatai a FLASH memóriában tárolódnak, így a készülék kikapcsolása után sem vesznek el.

2.4.2 Modbus protokoll

A kommunikáció részletes leírása a 3. és a 4. fejezetben olvasható.

2.4.3 Analóg bemenetek, jelalak regisztrálás

A feszültségosztók és áramváltók jelét egy analóg/digitális átalakító alakítja át a DSP által feldolgozható számsorozattá. A készülék névleges mintavételi frekvenciája $F_{SNOM}=12,8\text{kHz}$. A

mintavételi frekvencia a bemenő 50Hz-es jelhez van szinkronizálva úgy, hogy a mérendő jel egy periódusára mindig 256 minta essen (a mintavételi frekvencia tehát mindig a hálózati frekvencia 256-szorosa). A mintavételi szinkron egy PLL (fáziszárt hurok) segítségével történik. A TMT készülékek esetében ez a PLL szoftveresen van megvalósítva. Ennek két fontos előnye van:

A szoftver mindhárom fázisfeszültség jelét figyeli. Alap esetben az U1-UN bemenetek közötti feszültségjelre történik a szinkronizálás. Ha ennek a jelnek az amplitúdója a névleges bemenő jel 5%-a alá esik, a továbbiakban az U2-UN feszültségjelre fog a készülék szinkronizálni. Ha ez a jel is a határérték alá csökken, akkor az U3-UN feszültségjel következik.

A másik előny, hogy a szoftveres szinkronizálás képes a blokkos működésre. Ez azt jelenti, hogy egy-egy FFT ablakon belül (ami a készülék esetében 8 periódus) a mintavételi frekvencia állandó. A szoftver mindig a blokk végén állítja át a mintavételi frekvenciát az utolsó blokk mintáiból számított fáziseltérés függvényében. A hagyományos PLL-ek ugyanis az alkalmazott fázisdetektor típusától függően a jel minden, vagy minden második null-átmeneténél adnak egy-egy ugrásjelet a PLL szűrőjére. A VCO bemenő jele emiatt általában egy fűrészfogszerű jel. Az így kapott mintavételi frekvencia tehát folyamatosan változik. A nem állandó periódusidejű mintavételezés azonban legalább annyira „szétkeni” az FFT spektrumvonalakat, mintha nem is lenne szinkronizálás. A TMT készülék tehát 8 periódus hosszúságú blokkokból számítja a spektrumot FFT algoritmussal. Egy-egy blokkon belül a mintavételi frekvencia állandó.

A mintavételi szinkron kikapcsolható. Ilyenkor a mintavételi frekvencia állandó, $F_S = 12,8$ kHz. Erre olyan speciális esetekben lehet szükség, mikor valamely Ux-UN feszültség tartósan a névleges érték 5%-a környékén ingadozik, vagy a bemenő jel alapfrekvenciája a 47,5...52,5 Hz tartományon kívül esik/eshet.

A készülék képes a hat analóg csatorna (három áram bemenet és a három Ux-UN feszültségek) jelének regisztrálására. A bemenő mintákból átlapolás-gátló szűrővel decimált $F_{SMP} = 3,2$ kHz mintavételi frekvenciájú 8 bites felbontású jelsorozatot tárol el a készülék a RAM-ba (tehát nem menti a FLASH memóriába). A jelalak bufferben egy 512 minta (160ms, 8 periódus) hosszúságú szekvencia fér el.

A jelalak regisztrálást az indítófeltétel (trigger) vezérli. Az indítófeltétel hatására a jelalak bufferbe a csatornák utolsó 512 mintája kerül. A paramétertáblában beállítható, hogy regisztrált mintákból mennyi legyen az indítófeltétel teljesülése előtt mintavételezett (N_{PRE}). Így a mintavételezés leállásakor a bufferben található mintákból az első N_{PRE} db az indítófeltétel teljesülése előtti, a következő $512 - N_{PRE} = N_{POST}$ az indítófeltétel teljesülése utáni minta.

A jelalak regisztrálás a *jelalak buffer parancsregiszterbe* írt start paranccsal „élesíthető”. A minták bufferbe töltése már ekkor elkezdődik. Így lehetséges csak, hogy indítófeltétel előtti mintákat is tud regisztrálni a készülék. Miután a bufferbe kerül N_{PRE} db minta, elkezdődik az indítófeltétel figyelése. A minták bufferbe töltése tovább folyik olyan módon, hogy a buffer mindig a 6 csatorna legutolsó 512 mintáját tartalmazza. Az indító feltétel teljesülése után a bufferbe kerül még N_{POST} db minta, majd az adatgyűjtés leáll. Ekkor a készülékből kiolvasható a jelalak buffer tartalma. A start parancs törli a jelalak buffert és újraindítja az egész folyamatot.

Triggerként választható a készülék valamely belső digitális jelzése (2.4.5 pont), vagy maximum hat analóg-indítófeltétel. Ez utóbbiak mindegyike az alábbi adatokat tartalmazza:

- Jelforrás
 - Nincs. Ilyenkor az adott analóg-indítófeltétel ki van kapcsolva (nem használt).
 - U1-UN, U2-UN, U3-UN feszültség vagy I1, I2, I3 áram valamelyikének pillanatértéke (a digitális minta aktuális értéke).
 - U1-UN, U2-UN, U3-UN feszültség vagy I1, I2, I3 áram valamelyikének effektív értéke.
- Határérték
- Jelváltozás előjele
 - Pozitív:
Akkor teljesül az indító feltétel, amikor a kiválasztott jelforrás értéke átlépi a határértéket és az átlépés után nagyobb lesz annál.
 - Negatív:

Akkor teljesül az indító feltétel, amikor a kiválasztott jelforrás értéke átlépi a határértéket és az átlépés után kisebb lesz annál.

Minták tárolása indítható továbbá *jelalak buffer parancsregiszterbe* írt trigger paranccsal („kézi” indítás).

2.4.4 Mérés

Az AD átalakítókából származó kalibrált mintasorozatokból a mérő modul 20 ms időközönként az utolsó kétperiódusnyi (40 ms) mintákból kiszámítja az RMS, teljesítmény, teljesítménytényező és energia... stb. értékeket.

A készülék külön összegzi a fogyasztott- és visszatáplált hatásos (E_{P+} , E_{P-}), induktív és kapacitív meddő energiát (E_{Q+} , E_{Q-}). Az energia értékeket a FLASH memóriában tárolja, így azok a tápfeszültség kikapcsolása esetén sem vesznek el. Mivel a FLASH memóriák véges számú törlés-írás ciklust viselnek el (kb. 100 000), a készülékben 1232 memória tárhely áll rendelkezésre az energiamennyiségek tárolására. Tíz másodpercenként mindig a soron következő tárhelyet választja mentésre, így egy-egy tárhely kb. három és fél óránként kerül írásra. Ezzel biztosított, hogy a készülék élettartama alatt a FLASH memória nem használódik el. Az eltárolt értékeket CRC-vel védi a készülék, így hamis adatok kiolvasásának az esélye nagyon kicsi. Ha a készülék bekapcsoláskor hibás CRC-t észlel, az energia értékeket nullázza és a hibaregiszter jelzi a problémát. A tíz másodpercenkénti mentés további következménye, hogy a tápfeszültség kikapcsolásakor legrosszabb esetben is csak az utolsó tíz másodpercben akumulált energia értékek vesznek el.

A TMTG-3X készülék v2.20 és korábbi szoftver verziójában elérhetőek szinkronjelre nullázott *időszakos* energiaszámlálók. Ezek kezelése több okból is problémás. Például ha két kiolvasás között a szinkronjel törli a számlálót, akkor ahhoz, hogy meghatározzuk a két kiolvasás között érkezett impulzusok számát, ki kell olvasni a törlés pillanatában aktuális értékeket is. Vagy ha a kommunikáció hosszabb időre megszakad a készülékkel, adatot veszíthetünk.

További probléma, hogy ha a készülék tápfeszültsége kikapcsol a regisztrálás-törlés szekvencia során, akkor az újraindítás után a készülék szoftvernek gondoskodni kell a konzisztens állapot helyreállításáról.

A fentiek és más, itt fel nem sorolt okok miatt a szinkronjellel nullázott energia értékek egyelőre kompatibilitási okok miatt még elérhetőek, de hamarosan ki lesznek vezetve a készülékszoftverből. De értéküket már most sem tárolja a készülék a CMOS memóriában.

A továbbiakban csak a 32 bites, szinkronjelre nem nullázódó energia értékek használata javasolt. A mérő modul a négy mért energia számlálóval arányos számú digitális jelzést (2.4.5 pont) generál. Ezek felhasználhatóak a kimeneti impulzusformálók jelforrásaként. A generált digitális jelzések energia-egyenértéke (mennyi energia után keletkezzen egy jelzés) a paramétertáblában beállítható.

A mérő modulhoz tartozik egy státuszszó, mely a méréssel kapcsolatos állapotokat jelző biteket tartalmaz. A szinkronjel (2.4.6 pont) törli ezt a státuszszót. A jelzőbitek felsorolása a 4.3.8 pontban található.

A mérő modul feladata még a beérkező jelek spektrumának számítása. A készülék FFT (Gyors Fourier Transzformáció) algoritmus segítségével 8 periódusnyi mintából számítja az áram- és feszültségjelek (U_x - U_N) harmonikus tartalmát. Az FFT számításához $F_S = 3200$ Hz mintavételi frekvenciájú decimált jelsorozatot használ a készülék. Ez a 0...1600 Hz tartományban tartalmaz információt a mérendő jelről. Így a G3 távadóból az első 31 harmonikus effektív értéke, a P3 készülékből ezen harmonikusok effektív értéke és fázisszöge olvasható ki.

Amint a 2.2 alfejezetben is látható, a készülék háromfázisú és Aron kapcsolás szerinti mérésre is alkalmazható. A készülék által mért mennyiségek fizikai tartalma a kapcsolástól függ. Mivel háromfázisú bekötés esetén az U_N bemenetre a nulla vezető, az U_x bemenetekre a fázisvezetők kapcsolódnak, az árambemenetek mind a három fázisvezető áramát mérik, ebben az esetben a készülék minden egyes mérési eredménye fizikailag értelmezhető eredményt ad.

Az Aron kapcsolás abban az esetben használható, mikor a rendszerben nincs nullvezető és elsősorban az összegzett háromfázisú teljesítményt szeretnénk mérni. Az Aron kapcsoláshoz az alábbi levezetéssel juthatunk:

A háromfázisú teljesítmény fázisfeszültségekkel és fázisáramokkal kifejezve:

$$P = U_R \cdot I_R + U_S \cdot I_S + U_T \cdot I_T$$

2.1. kifejezés

Ha *nincs nullvezető*, akkor a három fázisáramra teljesül a következő:

$$0 = I_R + I_S + I_T$$

$$I_S = -I_R - I_T$$

2.2. kifejezés

Ebben az esetben a teljesítmény:

$$P = U_R \cdot I_R + U_S \cdot (-I_R - I_T) + U_T \cdot I_T$$

$$P = U_R \cdot I_R - U_S \cdot I_R - U_S \cdot I_T + U_T \cdot I_T$$

$$P = (U_R - U_S) \cdot I_R + (U_T - U_S) \cdot I_T$$

2.3. kifejezés

A

mint a 2.3 kifejezésben látható, ha nincs nullvezető, akkor a teljesítmény két mérőművel mérhető. Az egyik az R és S fázis közötti vonali feszültséget és az R fázis áramát, a másik a T és S fázis közötti vonali feszültséget és a T fázis áramát méri. Ez látható a 2.6 ábrán is.

Az alábbi táblázatban található a készülék által mért mennyiségek felsorolása, és azok jelentése háromfázisú és Aron kapcsolás esetén:

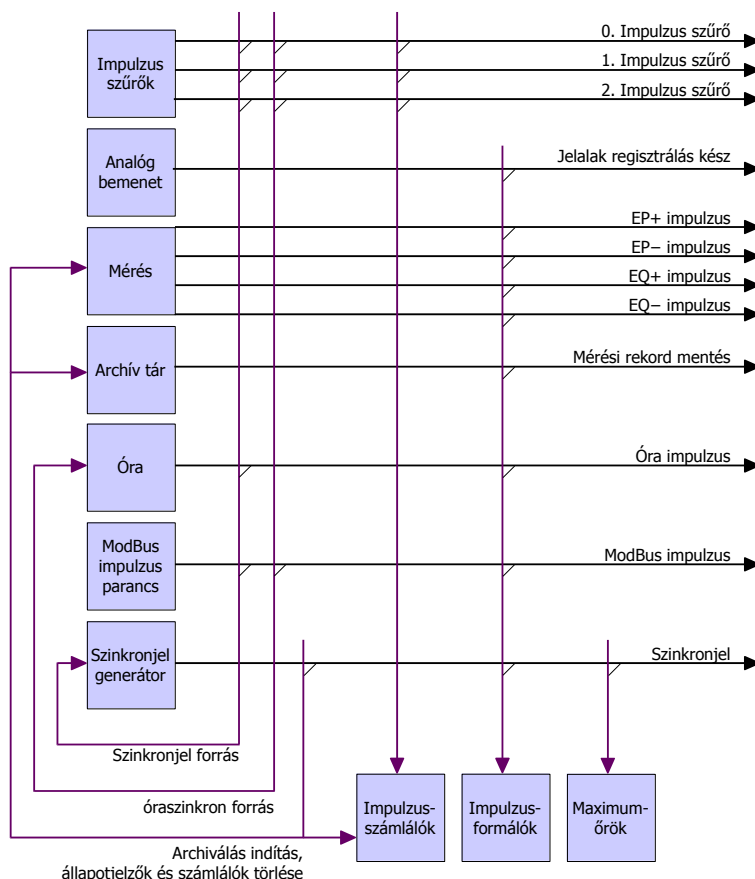
Mérés	Jelölés	Háromfázisú kapcsolás
U1-UN feszültség RMS	U1	R fázis feszültség RMS
U2-UN feszültség RMS	U2	S fázis feszültség RMS
U3-UN feszültség RMS	U3	T fázis feszültség RMS
U1-U2 feszültség RMS	U12	RS vonali feszültség RMS
U2-U3 feszültség RMS	U23	ST vonali feszültség RMS
U3-U1 feszültség RMS	U32	TR vonali feszültség RMS
U1-UN feszültség THD	THDU1	R fázis feszültség THD
U2-UN feszültség THD	THDU2	S fázis feszültség THD
U3-UN feszültség THD	THDU3	T fázis feszültség THD
U1...3-UN zérus sorrend	UZ	feszültség zérus sorrendi összetevő
U1...3-UN pozitív sorrend	UP	feszültség pozitív sorrendi összetevő
U1...3-UN negatív sorrend	UN	feszültség negatív sorrendi összetevő
I1 áram RMS	I1	IR fázisáram
I2 áram RMS	I2	IS fázisáram
I3 áram RMS	I3	IT fázisáram
I0 áram RMS	I0	Nulla vezető árama
I1 áram THD	THDI1	R fázisáram THD
I2 áram THD	THDI2	S fázisáram THD
I3 áram THD	THDI3	T fázisáram THD
I1 áram CF	CFI1	R fázisáram CF
I2 áram CF	CFI2	S fázisáram CF
I3 áram CF	CFI3	T fázisáram CF
I1-I2-I3 zérus sorrend	IZ	Áram zérus sorrendi összetevő
I1-I2-I3 pozitív sorrend	IP	Áram pozitív sorrendi összetevő
I1-I2-I3 negatív sorrend	IN	Áram negatív sorrendi összetevő
U1-Un és I1 hatásos teljesítmény	P1	R fázis hatásos teljesítmény
U2-Un és I1 hatásos teljesítmény	P2	S fázis hatásos teljesítmény

U3-Un és I1 hatásos teljesítmény	P3	T fázis hatásos teljesítmény
Hatásos teljesítmények összege	PTOT	Háromfázisú hatásos teljesítmény
U1-Un és I1 meddő teljesítmény	Q1	R fázis meddő teljesítmény
Mérés	Jelölés	Háromfázisú kapcsolás
U1-Un és I1 meddő teljesítmény	Q1	R fázis meddő teljesítmény
U2-Un és I1 meddő teljesítmény	Q2	S fázis meddő teljesítmény
U3-Un és I1 meddő teljesítmény	Q3	T fázis meddő teljesítmény
Meddő teljesítmények összege	QTOT	Háromfázisú meddő teljesítmény
U1-Un és I1 látszólagos teljesítmény	S1	R fázis látszólagos teljesítmény
U2-Un és I1 látszólagos teljesítmény	S2	S fázis látszólagos teljesítmény
U3-Un és I1 látszólagos teljesítmény	S3	T fázis látszólagos teljesítmény
Látszólagos teljesítmények összege	STOT	Háromfázisú látszólagos teljesítmény
U1-Un és I1 teljesítménytényező	PF1	R fázis teljesítménytényező
U2-Un és I1 teljesítménytényező	PF2	S fázis teljesítménytényező
U3-Un és I1 teljesítménytényező	PF3	T fázis teljesítménytényező
Összegzett teljesítménytényező	PFTOT	Háromfázisú teljesítménytényező
U1-UN feszültség RMS	U1	R fázis feszültség RMS
U2-UN feszültség RMS	U2	S fázis feszültség RMS
U3-UN feszültség RMS	U3	T fázis feszültség RMS
U1-U2 feszültség RMS	U12	RS vonali feszültség RMS
U2-U3 feszültség RMS	U23	ST vonali feszültség RMS
U3-U1 feszültség RMS	U32	TR vonali feszültség RMS

A mérési eredmények mellett, hogy soros vonalon keresztül kiolvashatóak, hozzáférhetőek más modulok (pl. archív tár, digitális jelforrások... stb.) számára további feldolgozás számára.

2.4.5 Digitális jelzések

A digitális jelzések a vezérlőszoftver belső virtuális impulzusai, melyeket bizonyos egységek generálnak, míg mások felhasználik jelforrásként. A digitális jelzések forrásai és felhasználói a 2.9 ábrán láthatóak. Az ábrán látható kis ferde vonalak a paramétertáblában definiálható opcionális kapcsolatokat jelölnék. Leolvasható például, hogy a szinkronjel forrása lehet valamelyik impulzusszűrő (2.4.7 pont) kimenete, az óra jelzése, vagy a *ModBus impulzus*. Ez utóbbi egy olyan jelzés, mely a megfelelő ModBus regiszterbe írt parancskóddal váltható ki. További információ az ábrán látható egységek működését bemutató alpontokban található.



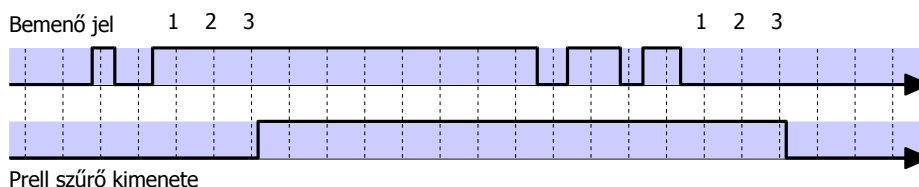
2.12. ábra. Digitális jelzések

2.4.6 Szinkronjel

A szinkronjel egy kitüntetett szerepű digitális jelzés. A szinkronjel indítja a mérési rekordok tába mentését, törli az impulzusszámlálókat, mérés állapot regisztert és a hibaregisztet, valamint újraindítja a maximumőröket. A szinkronjelet a szinkronjel generátor képi a kiválasztott digitális jelzésből.

2.4.7 Digitális bemenetek, impulzusszűrők

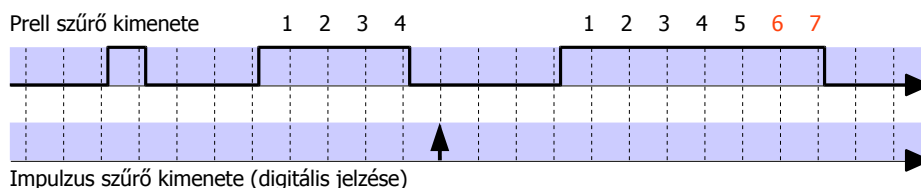
Mindhárom digitális bemeneten van egy prellszűrő, mely a mechanikus kapcsoló elemek kapcsolási bizonytalanságait szűri ki. A prellszűrők 1 ms periódusidővel mintavételezik a digitális bemeneteket. Egy szintet akkor tekintenek stabilnak, ha az N db egymás utáni minta azonos értékű. N értéke a paramétertáblában van tárolva. (2.13 ábra)


2.13. ábra: Prellszűrő működése $N_{PR}=3$ esetén

A digitális mintavételező beállítható T_{SDIG} periódusidővel mintavételezi a prellszűrők kimenetét. A mintavett értékeket bemenetenként egy-egy 16 bites shift-regiszterbe tölti. Ezek a shift-regiszterek RS485 vonalon kiolvashatóak. Így pl. $T_{SDIG}=100\text{ms}$ esetén a digitális jelek állapota az utolsó $16 \times 100\text{ms}=1,6\text{s}$ időre visszamenőleg kiolvasható a készülékből.

Mindhárom prellszűrő kimenetét mintavételezi egy-egy impulzusszűrő 1 ms periódusidővel. Ezek 1→0 átmenet esetén adnak egy digitális jelzést (2.4.5 pont), ha előtte az 1 szint hossza legalább a

meghatározott minimális és legfeljebb a meghatározott maximális idő volt. A minimum és maximum figyelés is kikapcsolható, ilyenkor a készülék nem vizsgálja a kikapcsolt értéket. Ha a beállított maximális idő nem nagyobb, mint a minimális idő, a készülék a maximális idő beállítását nem veszi figyelembe (2.14 ábra).



2.14. ábra: Impulzus szűrő $T_{IMIN}=2ms$ és $T_{IMAX}=5ms$ esetén

2.4.8 Impulzus számlálók

A 3 db impulzusszámláló bemenete valamely kiválasztott digitális jelzés lehet. Ezek mindegyike egy 32 bites számláló, mely a bemeneti digitális jelzés hatására lép egyet. A számlálók 999 999 999 után túlcsoordulnak, értékük 0 lesz. A számlálók értékeit egy lítium elemmel védett CMOS memóriában tárolja a készülék, így azok a tápfeszültség kikapcsolása esetén sem vesznek el.

A TMTG-3X készülék v2.20 és korábbi szoftver verziójában csak szinkronjelre nullázott 16 bites számlálók vannak. Ezek kezelése több okból is problémás. Például ha két kiolvasás között a szinkronjel törli a számlálót, akkor ahhoz, hogy meghatározzuk a két kiolvasás között érkezett impulzusok számát, ki kell olvasni a törlés pillanatában aktuális értékeket is. Vagy ha a kommunikáció hosszabb időre megszakad a készülékkel, adatot veszíthetünk.

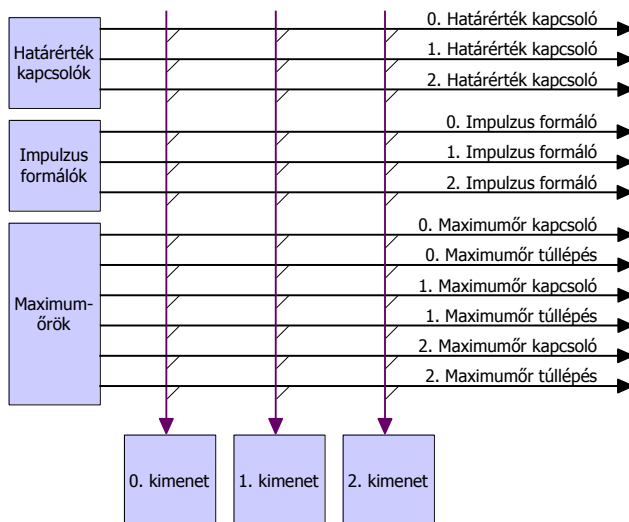
További probléma, hogy ha a készülék tápfeszültsége kikapcsol a regisztrálás-törlés szekvencia során, akkor az újraindítás után a készülék szoftvernek gondoskodni kell a konzisztens állapot helyreállításáról.

Ezek és más itt fel nem sorol okok miatt a szinkronjellel nullázott, 16 bites impulzusszámlálók egyelőre kompatibilitási okok miatt még elérhetőek, de hamarosan ki lesznek vezetve a készülékszoftverből. De értéküket már most sem tárolja a készülék a CMOS memóriában.

A továbbiakban a 32 bites szinkronjelre nem nullázódó impulzusszámlálók használata javasolt.

2.4.9 Digitális kimenetek

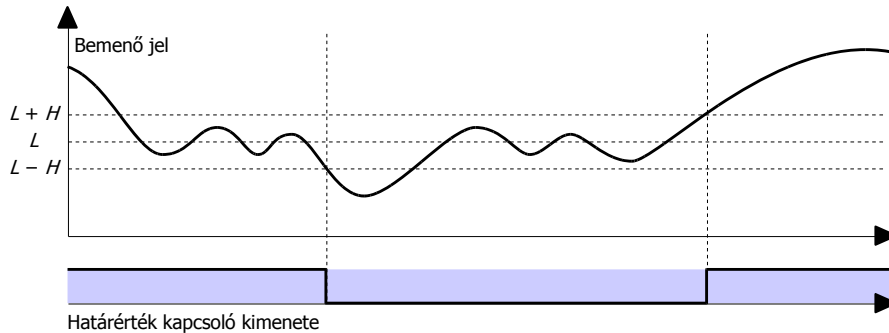
A TMTG készülék fizikai digitális kimeneteihez a következő pontokban ismertetett és a 2.15. ábrán látható digitális jelforrások valamelyik kimenete rendelhető hozzá. Ha szükséges, a kimeneti jelszint külön-külön invertálható mindegyik kimenet esetén.



2.15. ábra: Digitális jelforrások és kimenetek

2.4.10 Határérték kapcsolók

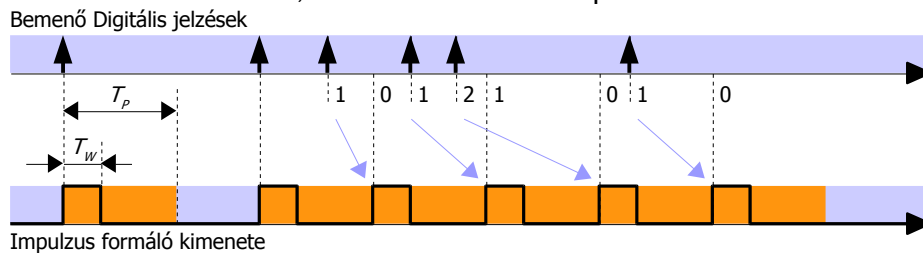
A három határérték kapcsoló bemenetei a pillanatérték- és időszakos energiamérések, és az impulzusszámlálók értékei lehetnek. Mindegyik határérték kapcsoló esetében egyenként beállítható az L kapcsolási küszöb, a H hiszterézis és a polaritás (2.16. ábra). Ha a határérték kapcsolókat egyik méréshez sem rendeljük hozzá, az RS485 vonalon keresztül kiadott paranccsal is lehet vezérelni, hogy kimenetük 0 vagy 1 legyen.



2.16. ábra: Határérték kapcsolók működése

2.4.11 Impulzus formálók

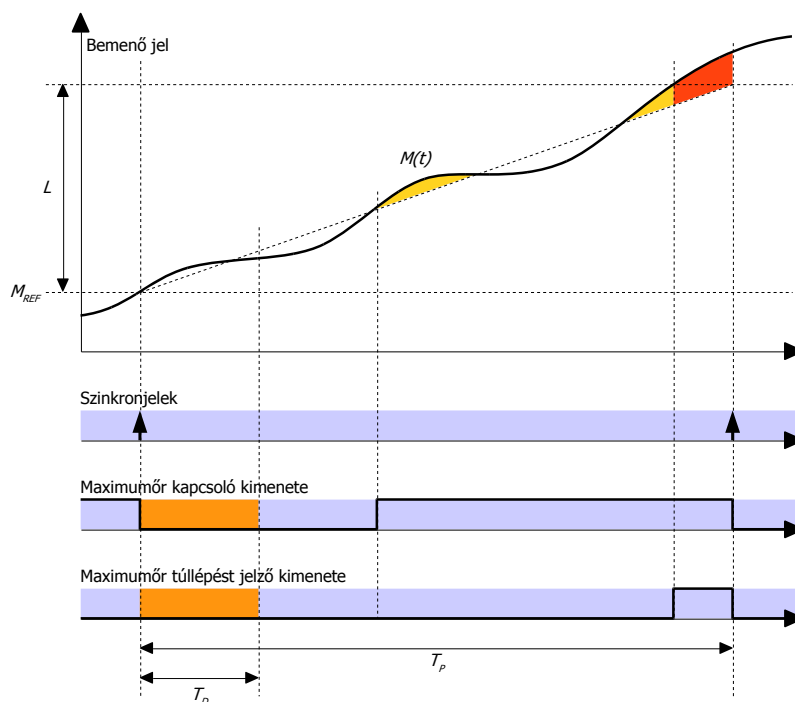
A digitális jelzések (2.4.5 pont) a vezérlőszoftver működési ciklusának egy periódusa alatt élnek. A készülék fizikai kimenetein azonban megadott T_W ideig tartó feszültségjelre van szükség. Előfordulhat, hogy a TMT G3 kimenő impulzusait olyan eszközre szeretnék kapcsolni, mely esetén előírás, hogy az impulzus sorozat periódusideje nem lehet kisebb egy adott T_P értéknél. Az impulzus formálók kimenetén a hozzájuk rendelt digitális jelzés hatására egy T_W hosszúságú impulzus jelenik meg. Ezután $T_P - T_W$ idejű szünet következik még akkor is, ha eközben újabb digitális jelzés keletkezik. A következő impulzus a szünet letelte után jelenik meg. Az impulzusformálók a 2.17 ábrán látható módon egy-egy számlálóval figyelik a digitális jelzéseket. A digitális jelzés növeli, a kiadott impulzus csökkenti a számláló értékét. Így ha *átmenetileg* T_P periódusidőnél sűrűbben is keletkeznek a digitális jelzések, a kiadott impulzusok száma egyezni fog a jelzések számával. A számláló 16 bites. Ez azt jelenti, hogy 65535 digitális jelzésnél több nem érkezhetsz -nél rövidebb idő alatt, különben a kiadott impulzusok száma kevesebb lesz.



2.17. ábra. Impulzusformálók működése

2.4.12 Maximumőrök

A TMT G3 készülékben három egyszerű maximumőr van. A három maximumőr kaszkádba kapcsolható, így egy darab háromfokozatú maximumörként működnek. Bizonyos esetekben adott hosszúságú időszakokon belül az elfogyasztható energia, anyagmennyiség stb. korlátos. Ilyen esetekben folyamatos méréssel meg kell becsülni az időszak végére várható teljes fogyasztást, és ha a becslés szerint határérték túllépés várható, be kell avatkozni. Ezt a feladatot látják el a TMT G3 készülék maximumőrei a következő módon (a magyarázatot a 2.15 ábra illusztrálja):



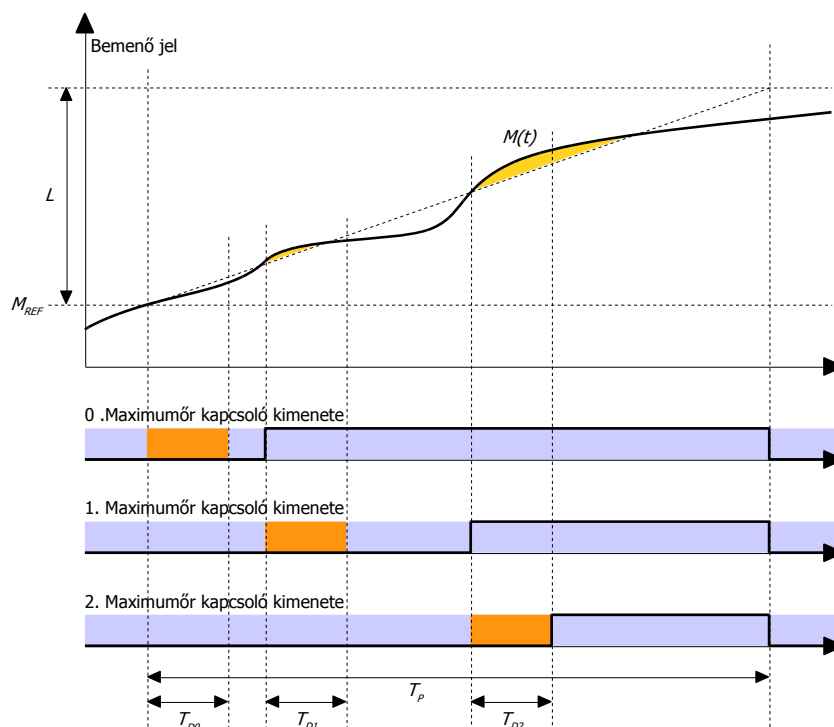
2.19. ábra. Maximumörök működése önálló üzemmódban

A maximumörök bemenetei valamelyik energia- vagy impulzusszámláló, vagy a három impulzusszámláló összege lehet. Ezek monoton növekvő értékek. A maximumörök mindig a bemeneti mennyiség utolsó szinkronjel időpontjában aktuális értékhez viszonyított növekedést veszik figyelembe. Minden maximumörnek két kimenete van: egy kapcsolójel, és egy túllépést jelző kimenet.

Amint az ábrán látható, a szinkronjel indítja a maximumört, törli mindkét kimenetét. Ugyanebben az időben a maximumör mintát vesz a bemenő jelből (M_{REF}). A maximumör az indítástól számított T_D holtidő (paramétertáblában beállítható) elteltéig nem működik, ugyanis a szinkronjel utáni néhány percben még nagyon bizonytalan becslést lehet csak adni a végső fogyasztásra. A

holtidő letelte után a készülék az $M(t)$ bemenő jelből a $M_E = (M(t) - M_{REF}) \cdot T_P / t$ összefüggés szerint becslést készít (M_E a T_P időszakra becsült fogyasztás, t az utolsó szinkronjel óta eltelt idő). Amennyiben a megadott L limit túllépése várható, azaz $M_E > L$, a maximumör kapcsoló kimenete 1 szintre vált. Ha bekövetkezik a túllépés, mikor $M(t) - M_{REF} > L$, akkor a túllépést jelző kimenet is 1 lesz. Mindkét kimenetet a következő szinkronjel törli. T_P időt a paramétertáblában kell megadni. Értékének a szinkronjel periódusidejének kell lennie. (Azért kell megadni, mert ha a szinkronjelnek külső forrása van, a készülék nem tudhatja, hogy az milyen időközönként érkezik.)

A gyakorlatban előfordul, hogy több maximumör által vezérelhető lekapcsolható fogyasztó is van, melyek valamilyen prioritási sorrendbe vannak rendezve. A maximumör, ha túllépés várható, lekapcsolja az első fogyasztót. Egy idő után ismét végez egy becslést, ha még mindig túllépés várható, lekapcsolja a második fogyasztót, és így tovább. A TMT G3 készülék maximumőrei kaszkádba kapcsolhatóak, így egy háromfokozatú maximumörként működnek együtt. Ebben az esetben mind a három maximumör a 0. maximumör beállításai szerint működik (bemenő jel, T_P idő és L limit). Csak a holtidő állítható be külön-külön mindegyik maximumör esetében. Amint a 2.19 ábrán látható, ebben az esetben az 1. maximumör csak a 0. maximumör kapcsolójelének esetleges működése után T_{D1} idő elteltével lép működésbe. Ha a 0. maximumör nem kapcsol, az 1. maximumör sem lép működésbe. Ugyanilyen kapcsolat van az 1. és 2. maximumör között. Kaszkád üzemmódban, ha bekövetkezik a túllépés, mindhárom maximumör túllépést jelző kimenete 1 lesz.



2.19. ábra. Maximumörök működése kaszkád üzemmódban

2.4.13 Kommunikáció időzítő

Gyakori eset, hogy a távadóval a hozzá csatlakoztatott GPRS modemen keresztül lehet csak kommunikálni. Több modem gyártó azt ajánlja, hogy a megbízható kapcsolat érdekében a modemet időnként újra kell indítani. A *kommunikáció időzítő* erre szolgál. Ha a távadó megadott idő eltelte alatt nem kap értelmezhető ModBus táviratot, akkor a kommunikáció időzítő digitális jelzést ad. Valamelyik impulzusformálással együtt alkalmazva a külső modem így újraindítható. Gyakorlati tapasztalat, hogy a modemeket 6 óránként célszerű újraindítani, ha nincs kommunikáció.

2.4.14 Digitális kimenetek közvetlen vezérlése

Előfordulhat, hogy rendszerbe építve a készüléket, a digitális kimeneteket távolról kell vezérelni a soros porton keresztül. Két lehetőség van ennek a megvalósítására.

Kimenetek statikus vezérlése

A készülék digitális kimeneteinek állapota a kimenet vezérlő regiszter (4.7.6 pont) írásával beállítható, ha az adott kimenethez nincsen hozzárendelve semmilyen jelforrás (4.9.11 pont). A készülék a következő újraindításig megőrzi a beállított jelszintet.

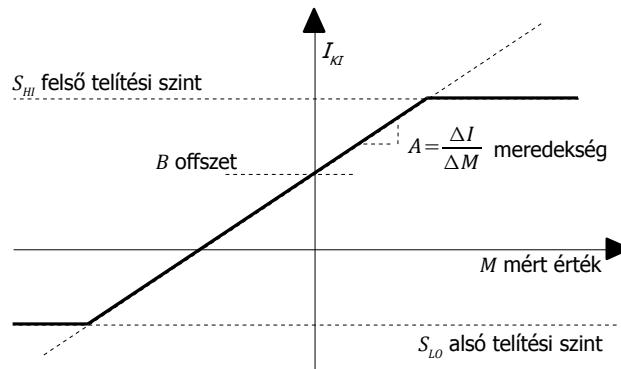
Impulzusjel kiadása

Adott hosszúságú impulzust nem célszerű úgy kiadni a készülékkel, hogy az adott kimenetre először 1, majd 0 szintet kapcsolunk az előző módszerrel, ugyanis a kommunikációs protokoll időzítései miatt az impulzus hosszának szórása nagy lehet.

Ilyen esetben valamelyik impulzusformálót kell a vezérelendő kimenethez hozzárendelni (4.9.11 pont). A kiválasztott impulzusformáló bemenete legyen a *ModBus impulzus* (2.4.5 és 4.9.10 pont) Így a *ModBus impulzus parancsregiszterbe* (4.7.4 pont) írt parancskód hatására a készülék kimenetén megjelenik a beállított hosszúságú impulzus.

2.4.15 Analóg jelforrások

A mért mennyiségek és a kimenő áram közötti összerendelést a három analóg jelforrás végzi. A három jelforrás bemenete bármely nem integrál jellegű mérési eredmény lehet. (tehát impulzusszámláló és energiamérés nem lehet, ugyanis ezek monoton növekvő mennyiségek). Lineáris karakterisztika definiálható alsó és felső telítési szinttel (2.20 ábra).



2.20. ábra. Analóg kimeneti karakterisztika

A teljesítmény mérésre pl. beállítható, hogy 0 W esetén 4 mA, névleges teljesítmény esetén 20 mA legyen a kimenő áram. Ha nincs alsó telítési szint beállítva és aktuálisan a hálózatba visszatáplálás történik, azaz $P < 0$, akkor 4 mA-nél kisebb áramot szolgáltat az áramgenerátor. Ha ez problémát okoz, akkor $S_{LO} = 4$ mA beállítás esetén $P < 0$ esetén sem folyik 4 mA-nél kisebb áram.

2.4.16 Analóg kimenetek közvetlen vezérlése

A készülék analóg kimeneteire soros porton keresztül tetszőleges áram kényszeríthető (a hardver fizikai korlátain belül) az analóg kimenet vezérlő regiszter (4.7.3 pont) írásával, ha az adott kimenethez nincsen hozzárendelve semmilyen jelforrás (4.9.13 pont). A készülék a következő újraindításig megőrzi a beállított jelszintet.

2.4.17 készülékóra

A TMTG készülékek belső valósídejű órával rendelkeznek. Beállítástól függően a készülék követi a téli/nyári időszámítás szerinti változásokat. Az óra tápellátását a készülék kikapcsolt állapotában egy gombemem látja el, melynek élettartama 5 év. Az óra IC-ben van még egy néhány 10 bájt nagyságú memória, melynek tartalmát szintén védi a lítium elem. A készülék ebben a memóriában tárolja a mért energia értékeket, az impulzusszámlálók értékeit és a FLASH-ban tárolt rekordok adatait (rekordok száma, utoljára mentett rekord index... stb.).

Az óra digitális jelzésének periódus ideje 1 és 60 perc között perces lépésekben beállítható. Az jelzések időpontját a következőképpen számítja a készülék: a 2000.01.01 00:00:00 óta eltelt percek számát elosztja a beállított periódusidővel. Ha a maradék nulla, akkor az adott perc nulladik másodpercében ad egy impulzust. Így ha pl. a beállított periódusidő 15 perc, akkor xx:00:00, xx:15:00, xx:30:00 és xx:45:00-kor keletkeznek impulzusok, ha 10 perc, akkor xx:00:00, xx:10:00, ... xx:50:00-kor. Ha a beállított periódusidő olyan szám, mellyel 60 nem osztható (pl.: 7), akkor minden órában más-más percben keletkezik az impulzus.

Az óra tetszőlegesen kiválasztott impulzusszűrő jelzésével szinkronizálható. A kiválasztott impulzus hatására értéke a legközelebbi egész percre áll.

2.4.18 Archív tár, mérési rekordok, feszültség események

A TMTG készülékekben van egy 2MBájt nagyságú FLASH memória. Ebben a memóriában tárolja a készülék az archív tárat. Az archív tár mérési rekordokat és feszültségesemény rekordokat tartalmaz.

Mérési rekordot a szinkronjel hatására ment a készülék az archív tárba. A mérési rekordok a következő értékeket tartalmazhatják opcionálisan:

2.5. táblázat: Mérési rekordokban szereplő értékek

Opció	Regisztrált mennyiségek az opció kiválasztása esetén
Pillanatértékek	
▪ Fázisfeszültségek	UR, US, UT
▪ Vonali feszültségek	URS, UST, UTR
▪ Fázisfeszültség szimmetrikus összetevők	U1, U2, U0
▪ Fázisfeszültség harmonikus torzítás	THDUR, THDUS, THDUT
▪ Fázisáramok	IR, IS, IT
▪ Null-vezető árama (számolt)	IN
▪ Fázisáram szimmetrikus összetevők	I1, I2, I0
▪ Fázisáram harmonikus torzítás	THDIR, THDIS, THDIT
▪ Fázisáram csúcstényező	CFIR, CFIS, CFIT
▪ Hatásos teljesítmények	PR, PS, PT, P
▪ Meddő teljesítmények	QR, QS, QT, Q
▪ Látszólagos teljesítmények	SR, SS, ST, S
▪ Teljesítmény tényező értékek	PFR, PRS, PFT, PF
▪ Frekvencia	F
▪ Minimum, maximum opció	Ha ez az opció nincs kiválasztva, akkor a kijelölt pillanatértékeknek a két szinkronjel között mért átlagát menti el a készülék. Ha ki van választva, akkor a kijelölt pillanatértékek átlaga mellett a két szinkronjel között mért minimuma és maximuma is bekerül a mérési rekordba.
Energia értékek	
▪ Időszakos energia értékek	A két szinkronjel közötti EP+, EP–, EQ+, EQ– energiaértékek
▪ Összesített energia értékek	Az összesített energia számlálók aktuális értéke a regisztrálás időpontjában
Számláló értékek	
▪ Számlálók értékei	CNTR0, CNTR1, CNTR2

Az archív tárban a regisztrátumok számára 1,8MByte hely van fenntartva. A kijelölt opciók függvénye, hogy mennyi rekordot tud tárolni a készülék. Ha az összes opció ki van választva, kb. 6500 rekord fér a tárba, ami 15 percenkénti regisztrálás esetén 70 napnyi adatot jelent. De pl. ha a minimum és maximum értékek nem kerülnek regisztrálásra, 15500 rekord fér a tárba, ami percenkénti regisztrálással is 11 napnyi adatot jelent. Kis rekordok esetén maximálisan 65535 rekordot tud tárolni a készülék akkor is, ha a méretéből adódóan több rekord számára is lenne hely. Mikor a tár megtelik, mindig a legrégebbi rekord íródik felül.

FIGYELEM! A regisztrálási opciók megváltoztatása az összes tárolt mérési rekord azonnali törlésével jár együtt, ugyanis az archív tár csak egyforma szerkezetű rekordok tárolására alkalmas!

Ha valamelyik fázisfeszültség RMS értéke kilép a $0,9 U_{NE} \dots 1,1 U_{NE}$ tartományból, akkor feszültségesemény történik (U_{NE} a paramétertáblában megadható névleges feszültség). A feszültségesemények bekövetkeztekor a készülék az archív tárba egy feszültségesemény rekordot ment. A feszültségesemény rekord mentése akkor következik be, mikor a feszültség RMS érték kilép valamely, alább felsorolt sávból:

2.6. táblázat: Feszültség esemény sávok

Feszültségsáv [V]	Feszültség értékek UNOM=230,94V esetén [V]	Típus
120..	277,13	Túlfeszültség
115..120	265,58...277,13	
110..115	254,03...265,58	
70..90	161,66...207,85	Feszültség letörés
40..70	92,376...161,66	
20..40	46,188...92,376	
10..20	23,094...46,188	
0..10	0...23,094	Feszültség kimaradás

A feszültségesemény rekord tartalmazza a fázis sorszámát, az elhagyott feszültségsáv azonosítóját, a sáv elhagyásának időpontját, az időtartamot, hogy mennyi ideig tartózkodott a feszültségérték a megadott sávban, és egy feszültség értéket. Ez az érték túlfeszültség esetén a sávban tartózkodás alatt a feszültség maximuma, letörés és kimaradás esetén a feszültség minimuma.

A feszültségesemények tárolására 60kByte hely áll rendelkezésre. Ebben a tárban 3072 esemény-rekord fér el. Mikor az eseménytár megtelik, mindig a legrégebben bejegyzett esemény íródik felül.

Az aktuális RMS feszültséghez tartozó sáv meghatározása 1% hiszterézissel történik. Ez azt jelenti, hogy csökkenő feszültség esetén a 2.6. táblázatban látható határoknál a névleges feszültség 1%-ával kisebb feszültség átlépése, emelkedő feszültség esetén 1%-kal nagyobb feszültséglimit átlépése esetén detektál a készülék sávhatár átlépést. A feszültségesemények detektálásához nem a készülékből kiolvasható 2 periódus alapján számolt RMS értékeket, hanem fél periódusból számolt RMS értékeket használ a készülék. Ez ugyan pontatlanabb az előbbieknél, de így fél periódus hosszúságú esemény is detektálható.

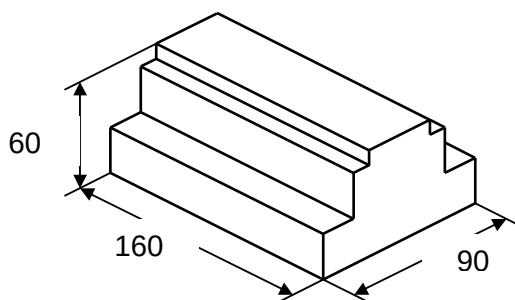
A FLASH memóriák írási sebessége korlátozott. Olyan feszültségjel mérésénél, melynek RMS értéke a 2.6. táblázatban található sávhatárok valamelyike körül ingadozik, a 1% hiszterézis ellenére előfordulhat, hogy rövid idő alatt több esemény keletkezik, mint amennyi az adott idő alatt FLASH-be írható. Ezért a keletkező feszültség esemény rekordok egy RAM- ban található, 48 esemény tárolására alkalmas FIFO elven működő bufferbe kerülnek. Ebben a bufferben az esemény rekordok csak addig tárolódnak, míg a FLASH memória utoljára megkezdett művelete be nem fejeződik. A FLASH felszabadulása után az események írása a bufferből azonnal megkezdődik. Ennek ellenére előfordulhat, hogy olyan sok esemény keletkezik, hogy a buffer megtelik. Ilyenkor a legutoljára keletkezett események elvesznek mindaddig, míg legalább egy hely fel nem szabadul a bufferben. Az adatvesztést a hibaregiszter megfelelő bitje jelzi.

2.5 Műszaki adatok

A megadott adatok $T=-40 \dots +50 \text{ }^{\circ}\text{C}$ tartományban érvényesek

Paraméter	Min.	Tip.	Max.	Feltétel/megjegyzés
Tápellátás 230V AC/DC				
▪ AC Tápfeszültség [V]	70		265	EN61000-4-5 szerinti surge védelemmel ellátva
▪ DC Tápfeszültség [V]	100		265	A DC táplálásnak induktív kapcsolási tranziensektől mentesnek kell lennie!
▪ Áramfelvétel [mA] ▪ Teljesítményfelvétel[W]		24 2,9		UTÁP=230VAC Folyamatos RS485 kommunikáció IKI=0 összes analóg kimeneten
▪ Áramfelvétel [mA] ▪ Teljesítményfelvétel[W]		32 4,2		UTÁP=230VAC Folyamatos RS485 kommunikáció IKI=24mA összes analóg kimeneten
Tápellátás 24 AC/DC				
▪ Bemenő feszültség [V]	19,2		28,8	
▪ Áramfelvétel [mA]		120		$U_{TAP} = 24V_{DC}$ Folyamatos RS485 kommunikáció $I_{KI} = 0\text{mA}$ összes analóg kimeneten
▪ Áramfelvétel [mA]		200		$U_{TAP} = 24V_{DC}$ Folyamatos RS485 kommunikáció $I_{KI} = 24\text{mA}$ összes analóg kimeneten
Feszültség bemenet				
▪ Feszültség	0		1,2·UN	Lásd még 2.1.1 pont.
▪ Túlterhelhetőség			2·UN	1 perc
▪ Terhelőáram [mA]		0,5		$U_{BE} = U_N$
▪ Jelalak	Periodikus			
▪ Frekvencia [Hz]	47,5		52,5	
Árambemenet				
▪ Áram	0		1,2·IN	Lásd még 2.1.1 pont.
▪ Túlterhelhetőség			20·IN	1 perc
▪ Feszültség 1A bemeneten [mV]		15		IBE=1A, készülék bekapcsolva
▪ Feszültség 5A bemeneten [mV]		25		IBE=5A, készülék bekapcsolva
▪ Jelalak	Periodikus			
▪ Frekvencia [Hz]	47,5		52,5	
Mérési hiba (névleges értékre vonatkoztatva, ha nincs más megjegyzés), zavaró mágneses térérő: $H_{RMS} < 50\text{A/m}$ és $F_H=50\text{Hz}$ mellett				
▪ Feszültség [%]			0,1	0,005..1,2UN
▪ Áram [%]			0,1	0,005..1,2IN
▪ Teljesítmények [%] fázishiba nélkül			0,2	0,005..1,2UN és 0,005..1,2IN
▪ Fázishiba [fok]			0,2	Áram- és feszültséggel bemenet 50Hz-es komponense között
▪ CF [A/A]			0,1	
▪ THD			0,5	Százalékpont
▪ Szimmetrikus összetevők [%]			0,5	RMS mérés hiba nélkül
▪ Harmonikus összetevők [%]			0,5	RMS mérés hiba nélkül
▪ Hatásos és meddő energia [%]			0,5	
Beállási idő				
▪ RMS, teljesítmény, CF mérések [ms]			100	
▪ THD, szimmetrikus összetevő és harmonikus mérések [ms]			160	

Paraméter	Min.	Tip.	Max.	Feltétel/megjegyzés
Leválasztás				
▪ Kimenetek és a többi részegység között [VRMS]			4000	Lásd: 2.1 ábra 50Hz, 1 percig
▪ Tápegység és bemenetek között [VRMS]			2500	
Analóg kimenetek				
▪ Áram [mA]	-24		24	
▪ Terhelő ellenállás [Ω]			500	
▪ Hiba [mA]			0,1	Mérési hiba nélkül
Digitális bemenetek				
▪ Bemenő ellenállás [Ω]		3,2k		
▪ Logikai 0 szint [V]	0		3	
▪ Logikai 1 szint [V]	8		24	
▪ Megengedhető feszültség tartomány [V]	-5		50	
Open Collector kimenetek				
▪ Megengedhető feszültség tartomány [V]	-5		60	
▪ Kimenő áram [mA]			300	
Egyéb jellemzők				
▪ Méret [mm ³]	160x90x60			Lásd 2.20 ábra
▪ Védettség	IP20			
▪ Működési hőmérséklet	0		50	
▪ Szabvány megfelelés	▪ EN61000-4-2 ▪ EN61000-4-4 ▪ EN61000-4-5 ▪ EN61000-4-6 ▪ IEC255-22-3 ▪ EN60255-5			NAT-1-0967/2008 számon akkreditált MAVIR-OVRAM Relévédelmi laboratórium által vizsgálva



2.20. ábra: Készülék méretei

3. Kommunikációs vonal

3.1 Soros vonal

A készülék RS485 és RS232 aszinkron soros kommunikációs vonallal rendelkezik. Egy időben csak az egyik port használható. A kommunikációs paraméterek:

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

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, plusz egy nem szabványos parancsot, melyet a belső óra a legközelebbi egész percre állítható (óra szinkron parancs). 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 hibátávirat. 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 hibátávirat, 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).
- ◆ A távirat végét jelző timeout nem 1,5 karakternyi idő, hanem a paramétertáblában állítható $T_{TIMEOUT} = 2...50\text{ms}$ között.
- ◆ Az RS485 vonalon történt bármilyen forgalom után $T_{TIMEOUT} + 2\text{ms}$ várakozási időt be kell iktatni a készülék megszólítása előtt.

3.2.2 Táviratok szerkezete

A táviratok keretezése a következő:

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 LSB

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 LSB

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)	Regiszter ek száma,	Regiszter ek száma,	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 LSB			

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 LSB

Óra szinkronizálás

A parancs hatására a készülék a legközelebbi egész percre állítja a belső óráját. Kérés:

0	1	6	7
Készülék cím	Parancskód: 0xFF	CRC MSB	CRC LSB

Válasz:

0	1	6	7
Készülék cím	Parancskód: 0xFF	CRC MSB	CRC LSB

3.2.3 CRC számítása (Turbo Pascal példa kód)

unit CRC;

INTERFACE

procedure CRC16(p : pointer; len : word; **var** Hi : byte; **var** Lo : byte);

IMPLEMENTATION

type

TByteArray = **Array**[0..63999] **of** byte;

const

CRChi : **array**[0..255] **of** byte = (
\$00,\$C1,\$81,\$40,\$01,\$C0,\$80,\$41,\$01,\$C0,\$80,\$41,\$00,\$C1,\$81,\$40,

```

$01,$C0,$80,$41,$00,$C1,$81,$40,$00,$C1,$81,$40,$01,$C0,$80,$41,
$01,$C0,$80,$41,$00,$C1,$81,$40,$00,$C1,$81,$40,$01,$C0,$80,$41,
$00,$C1,$81,$40,$01,$C0,$80,$41,$01,$C0,$80,$41,$00,$C1,$81,$40,
$01,$C0,$80,$41,$00,$C1,$81,$40,$00,$C1,$81,$40,$01,$C0,$80,$41,
$00,$C1,$81,$40,$01,$C0,$80,$41,$01,$C0,$80,$41,$00,$C1,$81,$40,
$00,$C1,$81,$40,$01,$C0,$80,$41,$01,$C0,$80,$41,$00,$C1,$81,$40,
$01,$C0,$80,$41,$00,$C1,$81,$40,$00,$C1,$81,$40,$01,$C0,$80,$41,
$01,$C0,$80,$41,$00,$C1,$81,$40,$00,$C1,$81,$40,$01,$C0,$80,$41,
$00,$C1,$81,$40,$01,$C0,$80,$41,$01,$C0,$80,$41,$00,$C1,$81,$40,
$00,$C1,$81,$40,$01,$C0,$80,$41,$01,$C0,$80,$41,$00,$C1,$81,$40,
$01,$C0,$80,$41,$00,$C1,$81,$40,$00,$C1,$81,$40,$01,$C0,$80,$41,
$00,$C1,$81,$40,$01,$C0,$80,$41,$01,$C0,$80,$41,$00,$C1,$81,$40,
$01,$C0,$80,$41,$00,$C1,$81,$40,$00,$C1,$81,$40,$01,$C0,$80,$41,
$01,$C0,$80,$41,$00,$C1,$81,$40,$00,$C1,$81,$40,$01,$C0,$80,$41,
$00,$C1,$81,$40,$01,$C0,$80,$41,$01,$C0,$80,$41,$00,$C1,$81,$40
);

```

```

CRClo : array[0..255] of byte = (
$00,$C0,$C1,$01,$C3,$03,$02,$C2,$C6,$06,$07,$C7,$05,$C5,$C4,$04,
$CC,$0C,$0D,$CD,$0F,$CF,$CE,$0E,$0A,$CA,$CB,$0B,$C9,$09,$08,$C8,
$D8,$18,$19,$D9,$1B,$DB,$DA,$1A,$1E,$DE,$DF,$1F,$DD,$1D,$1C,$DC,
$14,$D4,$D5,$15,$D7,$17,$16,$D6,$D2,$12,$13,$D3,$11,$D1,$D0,$10,
$F0,$30,$31,$F1,$33,$F3,$F2,$32,$36,$F6,$F7,$37,$F5,$35,$34,$F4,
$3C,$FC,$FD,$3D,$FF,$3F,$3E,$FE,$FA,$3A,$3B,$FB,$39,$F9,$F8,$38,
$28,$E8,$E9,$29,$EB,$2B,$2A,$EA,$EE,$2E,$2F,$EF,$2D,$ED,$EC,$2C,
$E4,$24,$25,$E5,$27,$E7,$E6,$26,$22,$E2,$E3,$23,$E1,$21,$20,$E0,
$A0,$60,$61,$A1,$63,$A3,$A2,$62,$66,$A6,$A7,$67,$A5,$65,$64,$A4,
$6C,$AC,$AD,$6D,$AF,$6F,$6E,$AE,$AA,$6A,$6B,$AB,$69,$A9,$A8,$68,
$78,$B8,$B9,$79,$BB,$7B,$7A,$BA,$BE,$7E,$7F,$BF,$7D,$BD,$BC,$7C,
$B4,$74,$75,$B5,$77,$B7,$B6,$76,$72,$B2,$B3,$73,$B1,$71,$70,$B0,
$50,$90,$91,$51,$93,$53,$52,$92,$96,$56,$57,$97,$55,$95,$94,$54,
$9C,$5C,$5D,$9D,$5F,$9F,$9E,$5E,$5A,$9A,$9B,$5B,$99,$59,$58,$98,
$88,$48,$49,$89,$4B,$8B,$8A,$4A,$4E,$8E,$8F,$4F,$8D,$4D,$4C,$8C,
$44,$84,$85,$45,$87,$47,$46,$86,$82,$42,$43,$83,$41,$81,$80,$40
);

```

```

procedure CRC16(p : pointer; len : word; var Hi : byte; var Lo : byte);
var
  Index : word;
  i : word;
begin Hi:=$FF; Lo:=$FF;
for i:=0 to Len-1 do
  begin
    Index:=Hi xor TByteArray(p^)[i];
    Hi:=Lo xor CRCHi[Index]; Lo:=CRCLo[Index];
  end;
end;

END.

```

4. ModBus, holding regiszterek kiosztása

Ebben a fejezetben a készülék ModBus regisztereinek a listája található. A készülék egyes részegységeinek működéséről a 2. fejezet ad áttekintő információt. Ez a fejezet és a 2. fejezet együttesen ad teljes információt.

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).

Az egyfázisú készülékeknél (TMTG-1X) az R (L1) fázishoz tartozó regiszterekben találhatóak a mérési eredmények.

4.1 Dinamikus regiszter allokáció

Előfordul, hogy régi TMT-D készüléket kell lecserélni újabb G3 távadóra, Ebben az esetben a ModBus regiszter kiosztásnak kompatibilisnek kell lenni a régi TMT-D készülékkel. A TMT-D készülék néhány regisztere a 0x0000 címtől kezdve helyezkedik el és csak mérési eredményeket tartalmaz. Az új VERTESZ távadókban azonban az első 16 regiszter az elektronikus adattáblát tartalmazza. Ez az ellentmondás úgy lett feloldva, hogy a TMT G3 (0x0000...0x0FFF) és a TMT-D (0x1000...0x1FFF) regiszter-tartomány a paramétertábla megfelelő regiszterének beállításával (4.9.19 pont) felcserélhető.

Az aktuális beállítást az „Aktuális regiszter konfiguráció” nevű regiszter (4.13 alfejezet) tartalmazza. Ez a regiszter mindig a 0xF000 címen található. Így a készülék megszólítását célszerű ennek a regiszternek az olvasásával kezdeni. Ha ennek a regiszternek az értéke 0xFFFF, akkor az alábbi táblázatokban látható címkiosztás az érvényes. A TMT G3 regiszterek a 0x0000...0x0FFF címtartományon érhetőek el. Egyébként a 0x0000 címtől kezdődően a TMT-D kompatibilis regiszterek találhatóak. A TMT G3 regiszterek eléréséhez a táblázatokban látható címekhez hozzá kell adni 0x1000 értéket.

4.2 Elektronikus adattábla

Cím/típus	Név	Megjegyzés
0x0000 (R)	Hardver típus	▪ 15..8 bit: készülék típus: ▪ 7..4 bit: feszültség bemenet típusa: ▪ 3-0 bit: áram bemenet típusa:
		▪ 0x10: TMTG ▪ 0x3: 100V/ 3 ▪ 0x4: 100V ▪ 0x5: 200V/ 3 ▪ 0x6: 400V/ 3 ▪ 0x7: 400V ▪ 0x8: 200V ▪ 0xA: 1A/5A
0x0001 (R)	Hardver verzió	▪ MS bájt: Fő verzió (BCD) ▪ LS bájt: Mellék verzió (BCD)
0x0002 (R)	Hardver kiépítettség	▪ 15..4 bit: Nem használt ▪ 3..2 bit: Digitális IO konfiguráció ▪ 1..0 bit: Kijelző típusa
		▪ 0x0: 3 be / 3 ki ▪ 0x1: 2 be / 4 ki ▪ 0x2: 4 be / 2 ki ▪ 0x0: Nincs ▪ 0x1: LCD
0x0003 (R)	Szoftver verzió	▪ MS bájt: Fő verzió (BCD) ▪ LS bájt: Mellék verzió (BCD)
0x0004 (R)	Analóg bemeneti segédprocesszoron futó szoftver verzió	▪ 0xFFFF: Segédprocesszor nem elérhető ▪ Egyébként: ▪ MS bájt: Fő verzió (BCD) ▪ LS bájt: Mellék verzió (BCD)
0x0005-0x000F (R)	Gyári szám	22 bájt, 0-terminal sztring. A regiszterek LS bájtja tartalmazza a kisebb sorszámu karaktert.

4.3 Mért eredmények

4.3.1 Áram, feszültség és teljesítmény szorzó faktor

Cím/típus	Név	Megjegyzés
0x0010 (R)	Áramérték faktor IF	32 bites IEEE float értékek Lásd a szövegben
0x0011 (R)		
0x0012 (R)	Feszültségérték faktor UF	
0x0013 (R)		
0x0014 (R)	Teljesítményérték faktor SF	
0x0015 (R)		

A készülékszoftver a mérési eredmények számítását 16 bites integer aritmetikával végzi. A mérések végeredményei a megfelelő regiszterekben nem SI mértékegységben, hanem egy 16

bites normált integer értékben kifejezve jelennek meg. A mérési eredményekről általában elmondható, hogy névleges bemenő jelszint esetén 20 000 érték olvasható ki a készülékből. A mérési eredményeket felhasználó egységek (pl. határérték kapcsoló, analóg karakterisztika képzők... stb.) paraméterei ugyanebben a normált formában tárolódnak.

A normált értékek átszámítása SI szerinti fizikai mennyiségekre a 4.5 alfejezetben leírt összefüggések szerint történik e szorzó faktorok segítségével.

Ezek a regiszterek csak olvashatóak. A szorzó faktorokat a készülékszoftver számítja az adattábla és a paramétertábla adataiból.

4.3.2 Pillanatértékek

Cím/típus	Név	Megjegyzés
0x0016 (R)	U1-UN, U2-UN és U3-UN bemenetek közötti RMS feszültség MULN	Előjeles 16 bites integer értékek t
0x0017 (R)		
0x0018 (R)		
0x0019 (R)	I1, I2 és I3 RMS árama	
0x001A (R)	MIL	
0x001B (R)		
0x001C (R)	Össz. Hatásos telj. M P	
0x001D (R)	Össz. Meddő telj. M Q	
0x001E (R)	Össz. Látszólagos telj. M S	
0x001F (R)	Össz. Telj. Tényező M PF	
0x0020 (R)	U1-U2, U2-U3 és U3-U1 bemenetek közötti RMS feszültség MULL	
0x0021 (R)		
0x0022 (R)		
0x0023 (R)	Feszültség szimmetrikus összetevők MUSYM	
0x0024 (R)		
0x0025 (R)	0, 1, 2 (Z, P, N) sorban	
0x0026 (R)	U1-UN, U2-UN és U3-UN feszültségek harmonikus torzítása MUTHD	
0x0027 (R)		
0x0028 (R)		
0x0029 (R)	Nullvezető számolt árama MIN	
0x002A (R)	Áram szimmetrikus összetevők MISYM	
0x002B (R)		
0x002C (R)	0, 1, 2 (Z, P, N) sorban	
0x002D (R)	Áramok harmonikus torzítása MITHD	
0x002E (R)		
0x002F (R)		
0x0030 (R)	Áramok csúcstényezője MICE	
0x0031 (R)		
0x0032 (R)		
0x0033 (R)	U1xI1, U2xI2 és U3xI3 hatásos teljesítmények MP	
0x0034 (R)		
0x0035 (R)		
0x0036 (R)	U1xI1, U2xI2 és U3xI3 meddő teljesítmények MQ	
0x0037 (R)		
0x0038 (R)		
0x0039 (R)	U1xI1, U2xI2 és U3xI3 látszólagos teljesítmények MS	
0x003A (R)		
0x003B (R)		
0x003C (R)	U1xI1, U2xI2 és U3xI3 teljesítmény tényezők MPF	
0x003D (R)		
0x003E (R)		
0x003F (R)	Frekvencia MF	

FIGYELEM! Amennyiben az áram- és feszültségjel nem tiszta szinuszos, hanem torzított, a jól ismert $S^2 = P^2 + Q^2$ összefüggés nem igaz! Tehát a mért értékekre sem teljesül minden esetben. Ez nem a készülék hibája miatt fordul elő, hanem a bemenő jelek torzítására utal.

4.3.3 Utolsó szinkronjel óta mért energia

Cím/típus	Név	Megjegyzés
0x0050 (R)	Fogyasztott hatásos energia	Előjeles 16 bites integer értékek. A szinkronjel nullázza ezeket a regisztereket. Ha nincs szinkronjel, 19 999 érték után túlszordulnak, értékük nullára fordul. A túlszordulást a mérés állapotregiszter megfelelő bitje jelzi. Ezek a regiszterek a korábbi TMTG3 változatokkal való kompatibilitás miatt elérhetőek még, de értékeiket a készülék kikapcsolás után nem őrzi meg.
0x0051 (R)	Visszatáplált hatásos energia	
0x0052 (R)	Induktív meddő energia	
0x0053 (R)	Kapacitív meddő energia	

4.3.4 Energia értékek

Cím/típus	Név	Megjegyzés
0x0054 (R)	Háromfázisú összegzett fogyasztott hatásos energia	32 bites előjeles értékek. Értékük 999 999 999 után túlszordul nullára. Lásd még: 4.14 alfejezet
0x0055 (R)		
0x0056 (R)	Háromfázisú összegzett visszatáplált hatásos energia	
0x0057 (R)		
0x0058 (R)	Háromfázisú összegzett induktív meddő energia	
0x0059 (R)		
0x005A (R)	Háromfázisú összegzett kapacitív meddő energia	
0x005B (R)		

4.3.5 Fázisonkénti energia értékek

Cím/típus	Név	Megjegyzés
0x0500 (R)	R fázis fogyasztott hatásos energia	32 bites előjeles értékek. Értékük 999 999 999 után túlszordul nullára. Lásd még: 4.14 alfejezet Az 0x0518...0x051F regiszterek 0x0054...0x005B regiszterek értékét tartalmazzák
0x0501 (R)		
0x0502 (R)	R fázis visszatáplált hatásos energia	
0x0503 (R)		
0x0504 (R)	R fázis induktív meddő energia	
0x0505 (R)		
0x0506 (R)	R fázis kapacitív meddő energia	
0x0507 (R)		
0x0508 (R)	S fázis fogyasztott hatásos energia	
0x0509 (R)		
0x050A (R)	S fázis visszatáplált hatásos energia	
0x050B (R)		
0x050C (R)	S fázis induktív meddő energia	
0x050D (R)		

0x050E (R)	S Fázis kapacitív meddő energia	
0x050F (R)		
0x0510 (R)	T fázis fogyasztott hatásos energia	
0x0511 (R)		
0x0512 (R)	T fázis visszatáplált hatásos energia	
0x0513 (R)		
0x0514 (R)	T fázis induktív meddő energia	
0x0515 (R)		
0x0516 (R)	T fázis kapacitív meddő energia	
0x0517 (R)		
0x0518 (R)	Háromfázisú összegzett fogyasztott hatásos energia	
0x0519 (R)		
0x051A (R)	Háromfázisú összegzett visszatáplált hatásos energia	
0x051B (R)		
0x051C (R)	Háromfázisú összegzett induktív meddő energia	
0x051D (R)		
0x051E (R)	Háromfázisú összegzett kapacitív meddő energia	
0x051F (R)		

4.3.6 Utolsó szinkronjel óta számolt impulzusok száma

Cím/típus	Név	Megjegyzés
0x0060 (R)	0. impulzusszámláló	Előjeles 16 bites integer értékek. A szinkronjel nullázza ezeket az regisztereket Ha nincs szinkronjel, 19 999 érték után túlszordulnak, értékük nullára fordul. A túlszordulást a mérés állapotregiszter megfelelő bitje jelzi. Ezek a regiszterek a korábbi G3 változatokkal való kompatibilitás miatt elérhetőek még, de értékeiket a készülék kikapcsolás után nem őrzi meg.
0x0061 (R)	1. impulzusszámláló	
0x0062 (R)	2. impulzusszámláló	

4.3.7 Milliszekundum számláló

Cím/típus	Név	Megjegyzés
0x0063 (R)	A bekapcsolás vagy utolsó szinkronjel óta eltelt idő ms-ban kifejezve	32 bites előjel nélküli integer. Számláló, melynek értéke minden ms-onként lép. A szinkronjel nullázza. Ha nincs szinkronjel, $2^{32}-1$ érték után túlszordul. Segítségével számítható a két kiolvasás között eltelt idő, így az energia értékekből a két kiolvasás közötti átlag teljesítmény, vagy az impulzus/sec arány számítható.
0x0064 (R)		

4.3.8 Mérés állapotjelzők

Cím/típus	Név	Megjegyzés
0x0065 (R)	Mérés állapotjelző bitek	0. bit: A készülék indítása óta még nem érkezett szinkronjel. 1. bit: Bemenet túlvezérlés. Valamelyik bemenetre a névleges érték 1,2-szeresénél nagyobb jel került. 2. bit: Bemeneti kalibrációs szorzók meg lettek változtatva. 3. bit: Az időszakos energiamérők valamelyike túlcsordult. 4 bit: Az impulzusszámlálók valamelyike túlcsordult. 5. bit: A legutolsó szinkronimpulzus óta volt olyan időszak, mikor a mintavételezés nem volt szinkronban a bemenő jellel. 6..9 bit: Nem használt. 10. bit: 0. maximumór működés történt. 11. bit: 0. maximumór túllépés történt. 12. bit: 1. maximumór működés történt. 13. bit: 1. maximumór túllépés történt. 14. bit: 2. maximumór működés történt. 15. bit: 2. maximumór túllépés történt.

Az állapotjelző értékét elemmel védett RAM-ban tárolja a készülék, így a tápfeszültség kikapcsolása esetén is megmarad az értéke. Szinkronjel esetén értéke a mérési rekordba kerül, majd nullázódik.

4.3.9 Analóg bemenet állapotjelzők

Cím/típus	Név	Megjegyzés
0x0066 (R)	Analóg bemenet állapot	0. bit: Mintavétel szinkron kiesett 0x0: Mintavételezés szinkronban van 0x1: Szinkron kiesett
		1...3. bit: Szinkronjel forrása 0x5: U_R 0x6: U_S 0x7: U_T
		9. bit: I_R bemenet túlvezérlés 10. bit: I_S bemenet túlvezérlés 11. bit: I_T bemenet túlvezérlés 13. bit: U_R bemenet túlvezérlés 14. bit: U_S bemenet túlvezérlés 15. bit: U_T bemenet túlvezérlés 0x0: Nincs túlvezérlés 0x1: Bemenet túlvezérelve

4.3.10 Impulzusszámlálók

Cím/típus	Név	Megjegyzés
0x0070 (R)	0. impulzusszámláló	32 bites előjeles értékek. Értékük 999 999 999 után túlcsordul nullára.
0x0071 (R)		
0x0072 (R)	1. impulzusszámláló	
0x0073 (R)		
0x0074 (R)	2. impulzusszámláló	
0x0075		

(R)		
-----	--	--

4.3.11 Felharmonikus RMS értékek

Cím/típus	Név	Megjegyzés
0x0080... 0x009E (R)	U1 harmonikus RMS érték	Előjeles 16 bites integer értékek
0x009F (R)	U1 FFT Állapot	0...7 bit: FFT blokkszámláló
		Minden FFT számítás végén eggyel növekszik. 0xFF után értéke 0x00 lesz.
		8. bit: Bemenet túlvezérlés
		Az aktuális FFT számításához felhasznált minták vételezésekor: 0x0: nem történt bemenet túlvezérlés 0x1: bemenet túlvezérlés történt
		9. bit: Mintavétel szinkron kiesett
		Az aktuális FFT számításához felhasznált minták vételezésekor: 0x0: nem történt szinkron kiesés 0x1: a szinkron kiesett
0x00A0... 0x00BE (R)	U2 harmonikus RMS érték	Mint U1 esetében
0x00BF (R)	U2 FFT Állapot	
0x00C0... 0x00DE (R)	U3 harmonikus RMS érték	
0x00DF (R)	U3 FFT Állapot	
0x00E0... 0x00FE (R)	I1 harmonikus RMS érték	
0x00FF (R)	I1 FFT Állapot	
0x0100... 0x011E (R)	I2 harmonikus RMS érték	
0x011F (R)	I2 FFT Állapot	
0x0120... 0x013E (R)	I3 harmonikus RMS érték	
0x013F (R)	I3 FFT Állapot	

4.3.12 Felharmonikus fázisszögek

Cím/típus	Név	Megjegyzés
0x0140... 0x015E (R)	U1 harmonikus fázisszögek	Előjeles 16 bites integer értékek Ezek a regiszterek csak TMT P3 távadó esetén elérhetőek
0x015F (R)	U1 FFT Állapot	A 0x009F regiszter másolata
0x00A0... 0x00BE	U2 harmonikus fázisszögek	Mint U1 esetében

(R)		Ezek a regiszterek csak TMT P3 távadó esetén elérhetőek
0x00BF (R)	U2 FFT Állapot	
0x00C0... 0x00DE (R)	U3 harmonikus fázisszögek	
0x00DF (R)	U3 FFT Állapot	
0x00E0... 0x00FE (R)	I1 harmonikus fázisszögek	
0x00FF (R)	I1 FFT Állapot	
0x0100... 0x011E (R)	I2 harmonikus fázisszögek	
0x011F (R)	I2 FFT Állapot	
0x0120... 0x013E (R)	I3 harmonikus fázisszögek	
0x013F (R)	I3 FFT Állapot	

4.4 Digitális mintavételező értékek

Cím/típus	Név	Megjegyzés
0x0200 (R)	0. bemeneti mintavételező	Lásd a szövegben.
0x0201 (R)	1. bemeneti mintavételező	
0x0202 (R)	2. bemeneti mintavételező	
0x0203 (R)	Mintavételező számláló	

A bemeneti mintavételező a paramétertáblában megadott T_{SDIG} periódusidővel mintavételezi a prell szűrők kimeneteit. Minden mintavételezés után a regisztereket 1 bittel balra shifteli, majd a mintavételezés eredményét az LS bitekbe írja. Így a regiszterek LS bitje mindig a legutolsó mintavételezés eredményét, MS bitje a 15 periódussal korábbi mintavételezés eredményét tartalmazza.

A mintavételező számláló minden mintavételezésnél lép egyet., 65535 után túlcsoordul. Segítségével meghatározható, hogy az utolsó kiolvasás óta mennyi mintavételezés történt, azaz a regiszterek mennyivel shiftelődtek el balra.

4.5 Hibaregiszter

Cím/típus	Név	Megjegyzés
0x0210 (R)	Hiba regiszter 0.	0. bit: Készülék adatlap olvasásakor CRC hiba történt. 1. bit: Paramétertábla olvasásakor CRC hiba történt. 2. bit: Paramétertábla-jelszó olvasásakor CRC hiba történt. 3. bit: A készülék indításakor a készülékóra nem működött. A lítium elem valószínűleg lemerült, az elemmel védett RAM-ban tárolt adatok elvesztek (Energiamérés, impulzusszámlálók, archiv tár rekord adatok) 4. bit: Az elemmel védett RAM-ban tárolt összesített energia betöltése során ellenőrző-összeg hiba lépett fel.

		5. bit: Az elemmel védett RAM-ban tárolt időszakos energia betöltése során ellenőrző-összeg hiba lépett fel. 6. bit: Az elemmel védett RAM-ban tárolt impulzusszámláló értékek betöltése során ellenőrző-összeg hiba lépett fel. 7.bit: Az elemmel védett RAM-ban tárolt archív tár rekord adatok betöltése során ellenőrző-összeg hiba lépett fel. 8. bit: Az archív tár egy rekordjának olvasásakor CRC hiba lépett fel. 9. bit: I2C busz hiba. Készülékóra és FLASH nem elérhető. 10. bit: WatchDog működés történt. 11. bit: Processzor túlterhelés következtében a szoftver a vezérlési feladatok egy részét nem tudta a megadott időszíeten belül elvégezni. 12. bit: Processzor túlterhelés következtében a szoftver az AD átalakító által mintavételezett minták egy részét nem tudta feldolgozni, adatvesztés történt. 13. bit: Flash memória hiba. 14. bit: Rövid időn belül sok feszültségesemény történt, a RAM-ban található eseménybuffer megtelt, mielőtt a korábbi események FLASH-be írása megtörtént volna. Így események veszttek el. 15. bit: A archív tár-rekord méretek beolvasásakor FLASH-ból CRC hiba lépett fel. A regisztert a szinkronjel törli.
0x0211 (R)	Hiba regiszter 1.	0. bit: I2C busz hiba, LCD kijelző nem érhető el 1. bit: Analóg segédprocesszor nem elérhető. 2. bit: Kommunikációs hiba történt az analóg segédprocesszor és a fő processzor között 3. bit: Az analóg segédprocesszor hibát jelzett (további információ: 4.6 alfejezet) 4. bit: Többszörös kommunikációs hiba következtében az analóg processzor minta-buffere megtelt és adatvesztés történt. 5. bit: DA átalakító nem elérhető 6. bit: Belső ütemező várakozási sor megtelt. 7. bit: Óra IC nem elérhető 8. bit: Óra IC hiba, az óra IC-ből nem a várható időt olvasta a processzor 9. bit: Tápegység hiba (jelenleg nem használt) 10. bit: Kommunikációs hiba történt az LCD modul és a processzor között. 11...15 bit: Nem használt A regisztert a szinkronjel törli.

4.6 Analóg segédprocesszor hibaregiszter

Cím/típus	Név	Megjegyzés
0x0216 (R)	Hiba regiszter 0.	10. bit: WatchDog működés történt. 11. bit: Processzor túlterhelés következtében a szoftver a vezérlési feladatok egy részét nem tudta a megadott időszíeten belül elvégezni. 12. bit: Processzor túlterhelés következtében a szoftver az AD átalakító által mintavételezett minták egy részét nem tudta feldolgozni, adatvesztés történt.
0x0217 (R)	Hiba regiszter 1.	6. bit: Belső ütemező várakozási sor megtelt.

Vezérlő regiszterek

4.6.1 Határérték kapcsolók vezérlése

Cím/típus	Név	Megjegyzés
0x0220 (RW)	Határérték kapcsoló parancsregiszter	Ezzel a regiszterrel azok a határérték kapcsolók vezérelhetők, melyekhez nincs hozzárendelve egyetlen mérés sem. Egyébként a parancsnak nincs hatása. Csak TMT G3 készülék esetén elérhető.
		Bitek kiosztása: 9..8 bit: 2. határérték kapcsoló 5..4 bit: 1. határérték kapcsoló 1..0 bit: 0. határérték kapcsoló Parancsok: 00: Nincs változás 01: Bekapcsolás 10: Kikapcsolás 11: Átkapcsolás

4.6.2 Impulzusformálók vezérlése

Cím/típus	Név	Megjegyzés
0x0221 (RW)	Impulzus formáló parancsregiszter	Ezzel a regiszterrel az impulzus formálók kimenetére impulzus kényszeríthető. A paramétertáblában meghatározott szélességű impulzus generálódik. A minimális periódusidőt ebben az esetben is figyelembe veszi a készülék. Csak TMT G3 készülék esetén elérhető.
		Bitek kiosztása: 8 bit: 2. impulzus formáló 4 bit: 1. impulzus formáló 0 bit: 0. impulzus formáló Parancsok: 0: Nincs változás 1: Impulzus generálás

4.6.3 Analóg kimenetek árama

Cím/típus	Név	Megjegyzés
0x0222 (RW)	0. analóg kimenet, V_0	Előjeles 16 bites értékek. Ezekkel a regiszterekkel az analóg kimeneteken megjelenő áram vezérelhető, amennyiben az adott kimenet egyik analóg karakterisztika képzőhöz sincs hozzárendelve. Egyébként ezekből a regiszterekből az aktuális kimenő áram olvasható vissza. A kimenő áram értékének számítása 4.1 kifejezés szerint történik (4.9.12 pont)
0x0223 (RW)	1. analóg kimenet, V_1	
0x0224 (RW)	2. analóg kimenet, V_2	

4.6.4 ModBus impulzus parancsregiszter

Cím/típus	Név	Megjegyzés
0x0225 (RW)	ModBus impulzus parancsregiszter	Lehetséges parancsok: 0x0001: Digitális jelzés generálás Csak TMT G3 készülék esetén elérhető.

4.6.5 Készülék újraindítása

Cím/típus	Név	Megjegyzés
0x0226 (RW)	Készülék újraindítás parancsregiszter	Lehetséges parancsok: 0x0001: Készülék RESET

4.6.6 Digitális kimenetek vezérlése

Cím/típus	Név	Megjegyzés
0x0227 (RW)	Digitális kimenet parancsregiszter	Ezzel a regiszterrel azok a kimenetek vezérelhetők, melyekhez nincs hozzárendelve jelforrás sem. Egyébként a parancsnak nincs hatása. Csak TMT G3 készülék esetén elérhető.

		Bitek kiosztása: 8...9 bit: 2. kimenet 4...5 bit: 1. kimenet 0...1 bit: 0. kimenet	Parancsok: 00: Nincs változás 01: Bekapcsolás 10: Kikapcsolás 11: Átkapcsolás
--	--	--	---

4.7 Készülékóra

Cím/típus	Név	Megjegyzés
0x0230 (R)	Óra állapot regiszter	0. bit: Inicializálás 1. bit: Óra IC elérhető a készülékben 2. bit: Idő adat elérhető 3. bit: Egész percre szinkronozás folyamatban Lásd a szövegben.
0x0231 (RW)	Óra parancs regiszter	0x0000: Dátum és idő regiszterek folyamatos frissítése 0x0001: Regiszter frissítés leállítása. 0x0002: Óra beállítás Lásd a szövegben.
0x0232 (RW)	Év	Év BCD
0x0233 (RW)	Hónap/nap	MSB: Hónap BCD LSB: Nap BCD
0x0234 (RW)	Óra/perc	MSB: Óra BCD LSB: Perc BCD
0x0235 (RW)	Másodperc, századmásodperc	MSB: Másodperc BCD LSB: századmásodperc BCD (jelenlegi verzióban mindig nulla)
0x0236 (RW)	Hét napja, időszámítás	0...2. bit: Hét napja: 0x1: Hétfő ... 0x7: Vasárnap
		8. bit: időszámítás: 0x0: Téli időszámítás 0x1: Nyári időszámítás

A készülék bekapcsolása után az *Óra állapot* regiszter *Inicializálás* bitjének értéke 1. Ilyenkor a készülékóra nem elérhető. Ha a készülékben hibás az óra IC, akkor néhány 100 ms próbálkozás után a készülék törli az *Inicializálás* bitet. A hiba regiszter I2C busz hiba bitje 1 lesz.

Ha az óra IC jól működik, az inicializálás után először az *Óra IC elérhető* bit vált 1-re, majd az idő első kiolvasása után az *Idő adat elérhető* bit is 1 lesz. Az óra regiszterei ezután tartalmaznak valós értéket, a parancs regiszter ettől a pillanattól fogad parancskódokat.

Az időadatokat tartalmazó regisztereket egy táviratban kell kiolvasni! Más esetben előfordulhat, hogy két kiolvasás között pl. óra váltás történik: ha a 19:59:59-kor a másodperc végén történik az óra és perc adatot tartalmazó regiszter kiolvasása, majd bekövetkezik a másodperc váltás és 20:00:00-kor történik a másodpercet tartalmazó regiszter olvasása, akkor a két kiolvasás a helytelen 19:59:00 eredményt adja.

A belső óra átállításához először a parancsregiszterbe 0x0001 parancskódot kell írni. Amíg a parancsregiszter értéke 0x0001, a készülék nem frissíti az időadat regisztereket, így azok tartalma felülírható. A belső óra ettől függetlenül is működik¹.

Az időadat regiszterek módosítása után (a *hét napja* regiszter értéket nem kell beállítani, azt a készülék számolja), a parancsregiszterbe a 0x0002 érték írásával történik a belső óra tényleges átállítása. Mikor az óra átállítás kész, a parancsregiszter értéke ismét 0x0000 lesz.

A készülékóra egy kiválasztott digitális bemenethez tartozó impulzusszűrő digitális jelzéséhez vagy a szinkronjelhez szinkronizálható. A választott digitális jelzés a készülékórát a legközelebbi egész percre állítja. Ez csak akkor következik be, ha az *óra állapota* regiszter értéke 0x0000.

A készülékóra a paramétertáblában található beállításától függően követi a téli/nyári időszámítás változásait. A gyakorlatban ez úgy történik, hogy az óra IC mindig a téli időt tartalmazza. Ha azonban az időszámítás váltás követése engedélyezve van, és a belső óra szerint nyári időszámítás időszaka van, akkor a szoftver a kiolvasott időhöz egy órát hozzáad. Így mind az időadat regiszterekből a nyári időszámítás szerinti idő olvasható ki, mind az archív tárbba kerülő rekordok időbélyegei a nyári időt fogják tartalmazni.

Az óra átállításánál az *időszámítás* regiszter 8. bitjével jelezni kell, hogy a beállított idő téli vagy nyári időszámítás szerint értendő-e. Ha a bit értéke 0, akkor a dátumtól függetlenül téli időnek tekinti a készülék a beírt időt, és módosítás nélkül kerül az óra IC-be. Ha a bit értéke 1, akkor dátumtól függetlenül nyári időnek tekinti és egy órával kevesebb kerül az óra IC-be.

Mivel ennek a bitnek az értéket a készülék állítja, a legtöbb esetben óra állításkor nem kell ezt a regisztert módosítani. Ha azonban az órát október utolsó vasárnapján 2:00:00...2:59:59 időszakon belül állítjuk akkor gondoskodni kell ezen bit megfelelő beállításáról. (Ugyanis október utolsó vasárnapján, amikor az órát vissza kell állítani, ez az intervallum kétszer fordul elő, mivel a nyári idő szerinti 2:59:59 után téli idő szerinti 2:00:00 következik.)

4.8 Paramétertábla

4.8.1 Parancsregiszterek

Cím/típus	Név	Megjegyzés
0x0240 (RW)	Paramétertábla parancsregiszter	Értéke 0x0000 vagy 0xFFFF ha a paramétertábla parancs fogadására kész. A következő parancskódokat fogadja el: 0x0001 : paraméterek mentése a FLASH memóriába A parancs végrehajtása után a regiszter értéke ismét 0x0000 lesz (érvénytelen parancskód estén 0xFFFF)

A következő pontokban ismertetett regisztereken keresztül elérhető paramétertáblát a készülék a RAM-ban tárolja. A regiszterek írása a RAM tartalmát módosítja. Ha azt szeretnénk, hogy a módosítás a készülék ki/bekapcsolása után is megmaradjon, a fenti regiszter írásával a paramétertábla aktuális tartalmát a FLASH memóriába kell menteni.

A készülék a paramétertábla írása után azonnal (maximum pár 100ms késleltetéssel) az új beállításokkal fog működni. Ez alól kivételek a kommunikációs beállítások, melyek a készülékszoftver újraindulása után lépnek életbe (tápfeszültség ki/be kapcsolása, vagy a 4.7.5 pontban leírt RESET parancs hatására).

4.8.2 Kommunikációs beállítások I.

Cím/típus	Név	Megjegyzés
0x0250 (RW)	ModBus cím és kommunikációs sebesség	15...8. bit: Baudrate 0x01 : 9600 0x02 : 19200 0x03 : 28800 0x04 : 38400 0x06 : 57600 0x0C : 115200 (Gyári alapbeállítás: 38400)
		7...0. bit: ModBus cím 1...249 (Gyári alapbeállítás: 16)

További beállítások leírása található még a 4.9.21 pontban.

4.8.3 Prellszűrők beállításai

Cím/típus	Név	Megjegyzés
0x0251 (RW)	Prellszűrők beállításai	Invertálás 11. bit : 2. prellszűrő 7. bit : 1. prellszűrő 0x0 : nem invertált 0x1 : invertált

		3. bit: 0. prellszűrő	
		Szűrő hossz 8...10. bit: 2. prellszűrő 4...6. bit: 1. prellszűrő 0...2. bit: 0. prellszűrő	0x0: $N_{PR}=1$ (Nincs prell szűrés) 0x1: $N_{PR}=2$ 0x2: $N_{PR}=3$... 0x7: $N_{PR}=8$

4.8.4 Impulzusszűrők beállításai

Cím/típus	Név	Megjegyzés	
0x0252 (RW)	0. Impulzusszűrő beállítások	4...7. bit: Maximális hossz (T_{MAX}) 0...3. bit: Minimális hossz (T_{MIN})	Lehetséges értékek: 4.15.1 pont
0x0253 (RW)	1. Impulzusszűrő beállítások	Mint 0. impulzusszűrőnél	
0x0254 (RW)	2. Impulzusszűrő beállítások	Mint 0. impulzusszűrőnél	

4.8.5 Impulzusszámlálók beállításai

Cím/típus	Név	Megjegyzés	
0x0255 (RW)	Impulzusszámláló beállítások	8...11. bit: 2. Impulzus számláló jelforrás 4...7. bit: 1. Impulzus számláló jelforrás 0...3. bit: 0. Impulzus számláló jelforrás	Lehetséges értékek: 4.15.2 pont

4.8.6 Szinkronjel beállítása

Cím/típus	Név	Megjegyzés	
0x0256 (RW)	Szinkronjel generátor beállítások	0...3. bit: 0. Impulzus forrás	Lehetséges értékek: 4.15.2 pont

4.8.7 Digitális mintavételező beállítása

Cím/típus	Név	Megjegyzés	
0x0257 (RW)	Mintavételező periódusidő	Lehetséges értékek: 4.15.1 pont	

4.8.8 Mérés beállításai I.

Cím/típus	Név	Megjegyzés
0x0258 (RW)	Energia impulzus érték	32 bites integer érték
0x0259 (RW)		
0x025A (RW)	Áramváltó áttétel	32 bites IEEE float értékek
0x025B (RW)		
0x025C (RW)	Feszültségváltó áttétel	
0x025D (RW)		

0x025E (RW)	Árambemenet, kiválasztott névleges áram	0x0000: 1A 0x0001: 5A
0x025F (RW)	Feszültség esemény referencia feszültség	Az a feszültség melynek a százaléakai adják a feszültségesemény határokat.

További beállítások leírása található még a 4.9.22 pontban.

4.8.9 Határérték kapcsolók beállításai

Cím/típus	Név	Megjegyzés	
0x0260 (RW)	0. Határérték kapcsoló mód	15 bit: Invertálás	0x0: Nem invertált 0x1: Invertált
		0...14 bit: Forrásjel	Lehetséges értékek: 4.15.3 pont
0x0261 (RW)	0. Határérték kapcsoló, határérték	Előjeles 16 bites értékek. Értelmszerűen a kiválasztott forrásjelnek megfelelő képletet kell használni.	
0x0262 (RW)	0. Határérték kapcsoló, hiszterézis		
0x0263 (RW)	1. Határérték kapcsoló mód	Mint 0. határérték kapcsolónál	
0x0264 (RW)	1. Határérték kapcsoló, határérték		
0x0265 (RW)	1. Határérték kapcsoló, hiszterézis		
0x0266 (RW)	2. Határérték kapcsoló mód	Mint 0. határérték kapcsolónál	
0x0267 (RW)	2. Határérték kapcsoló, határérték		
0x0268 (RW)	2. Határérték kapcsoló, hiszterézis		

4.8.10 Impulzusformálók beállításai

Cím/típus	Név	Megjegyzés	
0x0269 (RW)	0. Impulzus formáló	12. bit: impulzus polaritása	0x0: HI 0x1: LO
		11...8. bit: Impulzus forrás	Lehetséges értékek: 4.15.2 pont
		4...7. bit: Impulzus szélesség 0...3. bit: Minimum periódusidő	Lehetséges értékek: 4.15.1 pont
0x026A (RW)	1. Impulzus formáló	Mint a 0. impulzusformálónál	
0x026B (RW)	2. Impulzus formáló	Mint a 0. impulzusformálónál	

4.8.11 Digitális kimenetek beállításai

Cím/típus	Név	Megjegyzés	
0x026C (RW)	Kimenetek beállításai	Kimenet invertálás: 14. bit: 2. kimenet 13. bit: 1. kimenet 12. bit: 0. kimenet	0x0: Nem invertált 0x1: Invertált
		Forrásjel kiválasztása: 8...11. bit: 2. kimenet	Lehetséges értékek: 4.15.4 pont

		4....7. bit: 1. kimenet	
		0...3. bit: 0. kimenet	

4.8.12 Analóg jelforrások beállításai

Cím/típus	Név	Megjegyzés
0x026D (RW)	0. jelforrás bemenet	Lehetséges értékek: 4.15.3
0x026E (RW)	0. jelforrás offset	Előjeles 16 bites értékek Lásd a szövegben.
0x026F (RW)	0. jelforrás meredekség	
0x0270 (RW)	0. jelforrás alsó áram limit	
0x0271 (RW)	0. jelforrás felső áram limit	
0x0272 (RW)	1. jelforrás bemenet	Mint 0.jelforrásnál
0x0273 (RW)	1. jelforrás offset	
0x0274 (RW)	1. jelforrás meredekség	
0x0275 (RW)	1. jelforrás alsó áram limit	
0x0276 (RW)	1. jelforrás felső áram limit	
0x0277 (RW)	2. jelforrás bemenet	Mint 0.jelforrásnál
0x0278 (RW)	2. jelforrás offset	
0x0279 (RW)	2. jelforrás meredekség	
0x027A (RW)	2. jelforrás alsó áram limit	
0x027B (RW)	2. jelforrás felső áram limit	

$$I_{XKI} = 20\text{mA} \cdot \frac{V_X}{20\,000}$$

4.1. kifejezés

Az analóg kimenetek árama a 4.7.3 pontban ismertetett vezérlő regiszterek V_X értékétől (ahol $X = 0...2$) függ. Ez az analóg kimenetek beállításától (4.9.13 pont) függően a soros vonalon közvetlenül a regiszterbe írt érték, vagy származhat valamelyik analóg jelforrástól. A regiszterek értéke és a kimenő áram közötti összefüggés az alábbi:

$$V_{XLIN} = M \cdot \frac{A_X}{8\,192} + B_X$$

$$V_X = \begin{cases} S_{XLO} & \text{ha } V_{XLIN} < S_{XLO} \\ S_{XHI} & \text{ha } V_{XLIN} > S_{XHI} \\ V_{XLIN} & \text{egyébként} \end{cases}$$

4.2. kifejezés

Az analóg jelforrások a 4.3 alfejezetekben ismertetett belső számábrázolás szerinti integer mérési (M) eredményekből számítják a V_X értékeket a következő összefüggés alapján:

A karakterisztika képző paramétereinek számítására az 5.1 mellékletben található példa.

4.8.13 Analóg kimenetek beállítása

Cím/típus	Név	Megjegyzés	
0x027C (RW)	Analóg kimenetekhez hozzárendelt karakterisztika képzők	8...11. bit: 2. kimenethez rendelt karakterisztika képző 4...7. bit: 1. kimenethez rendelt karakterisztika képző 0...3. bit: 0. kimenethez rendelt karakterisztika képző	0x0: Nincs 0x1: 0. karakterisztika képző 0x2: 1. karakterisztika képző 0x3: 2. karakterisztika képző

4.8.14 Óra beállítása

Cím/típus	Név	Megjegyzés	
0x027D (RW)	Óra beállítások	15. bit: Téli-nyári időszámítás automatikus váltás	0x0: Tiltva 0x1: Engedélyezve
		8...11. bit: Szinkronozó impulzus	Lehetséges értékek: 4.15.2
		0...7. bit: Impulzusgenerátor periódusidő [perc]	1...60

4.8.15 Maximumőrök beállításai

Cím/típus	Név	Megjegyzés	
0x027E (RW)	Maximumőr, üzemmód	12. bit: Maximumőrök kaszkádosítása	0x0: Nincs kaszkád, 3db önálló maximumőr 0x1: Kaszkád működés, 1db 3 fokozatú maximumőr
		8...11. bit: 2. Maximumőr jelforrás 4...7. bit: 1. Maximumőr jelforrás 0...3. bit: 0. Maximumőr jelforrás	0x00: Fogyasztott hatásos energia 0x01: Visszatáplált hatásos energia 0x02: Induktív meddő energia 0x03: Kapacitív meddő energia 0x04: 0. impulzusszámláló 0x05: 1. impulzusszámláló 0x06: 2. impulzusszámláló 0x07: A három impulzusszámláló összege
0x027F (RW)	0. Maximumőr, holtidő [s]		
0x0280 (RW)	0. Maximumőr, becslési periódus hossza [s]		
0x0281 (RW)	0. Maximumőr, határérték	32 bites integer érték. Ha a jelforrás energiamennyiség, átszámítás fizikai mennyiségekre a 4.14.9 pontban leírtak szerint történik	
0x0282 (RW)			
0x0283 (RW)	1. Maximumőr, holtidő [s]		
0x0284 (RW)	1. Maximumőr, becslési periódus hossza [s]		
0x0285 (RW)	1. Maximumőr, határérték	32 bites integer érték. Ha a jelforrás energiamennyiség, átszámítás fizikai mennyiségekre a 4.14.9 pontban leírtak szerint történik	

0x0286 (RW)		
0x0287 (RW)	2. Maximumőr, holtidő [s]	
0x0288 (RW)	2. Maximumőr, becslési periódus hossza [s]	
0x0289 (RW)	2. Maximumőr, határérték	32 bites integer érték. Ha a jelforrás energiamennyiség, átszámítás fizikai mennyiségekre a 4.14.9 pontban leírtak szerint történik
0x028A (RW)		

Kaskád működésnél a 0. maximumőr számára megadott adatok szerint működnek a maximumőrök. Ilyenkor csak a holtidők állíthatók be egyedileg.

4.8.16 Mérési rekord opciók

Cím/típus	Név	Megjegyzés
0x028B (RW)	Regisztrátum opciók LSW	Pillanat értékek: 0. bit: Fázisfeszültségek
0x028C (RW)	Regisztrátum opciók MSW	1. bit: Vonali feszültségek 2. bit: Fázisfeszültség szimmetrikus összetevők 3. bit: Fázisfeszültség harmonikus torzítás 4. bit: Fázisáramok 5. bit: Null-vezető árama 6. bit: Fázisáram szimmetrikus összetevők 7. bit: Fázisáram harmonikus torzítás 8. bit: Fázisáram csúcstényező 9. bit: Összegzett hatásos teljesítmény 10. bit: Fázisonkénti hatásos teljesítmények 11. bit: Összegzett meddő teljesítmény 12. bit: Fázisonkénti meddő teljesítmények 13. bit: Összegzett látszólagos teljesítmény 14. bit: Fázisonkénti látszólagos teljesítmények 15. bit: Összegzett teljesítménytényező 16. bit: Fázisonkénti teljesítménytényező 21. bit: Frekvencia Számláló értékek: 20. bit: Összesített energia értékek 22. bit: Impulzus számláló Egyéb opciók: 17. bit: Pillanatértékek minimumának és maximumának regisztrálása Fenntartott bitek 18. bit 19. bit 23...31 bit

FIGYELEM! A regisztrálási opciók megváltoztatása az összes tárolt mérési rekord azonnali törlésével jár együtt, ugyanis az archív tár csak egyforma szerkezetű rekordok tárolására alkalmas!

4.8.17 Jelalak buffer beállítások

Cím/típus	Név	Megjegyzés	
0x028D (RW)	Adatgyűjtés automatikus indítása a készülék bekapcsolása után	0x0000: Kikapcsolva 0x0001: Bekapcsolva	
0x028E (RW)	Indítófeltétel teljesülése előtti minták száma	0...511	
0x028F (RW)	Indító digitális jelzés	Lehetséges értékek: 4.15.2 pont	
0x0290 (RW)	0. analóg indító feltétel, működési mód	15. bit: Jelváltozás előjele	0x0: pozitív 0x1: negatív
		3. bit: Jelforrás típusa	0x0: Jelalak 0x1: RMS érték
		0...2: Jelforrás	0x0: Nincs, feltétel kikapcsolva 0x1: U_1 0x2: U_2 0x3: U_3 0x4: I_1 0x5: I_2 0x6: I_3
0x0291 (RW)	0. analóg indító feltétel, feszültségszint	Előjeles 16 bites érték	
0x0292 (RW)	1. analóg indító feltétel, működési mód	Mint 0. indítófeltétel esetén	
0x0293 (RW)	1. analóg indító feltétel, feszültségszint		
0x0294 (RW)	2. analóg indító feltétel, működési mód		
0x0295 (RW)	2. analóg indító feltétel, feszültségszint		
0x0296 (RW)	3. analóg indító feltétel, működési mód		
0x0297 (RW)	3. analóg indító feltétel, feszültségszint		
0x0298 (RW)	4. analóg indító feltétel, működési mód		
0x0299 (RW)	4. analóg indító feltétel, feszültségszint		
0x029A (RW)	5. analóg indító feltétel, működési mód		
0x029B (RW)	5. analóg indító feltétel, feszültségszint		

4.8.18 Kalibrációs adatok

Cím/típus	Név	Megjegyzés
0x029C... 0x02CB (R)	Kalibrációs adatok	

4.8.19 Regiszter címtartomány konfiguráció

Cím/típus	Név	Megjegyzés
0x02CC (RW)	Regiszter konfiguráció	0x0000: TMT-D-vel kompatibilis regiszter allokáció. 0xFFFF: TMT-G (új) regiszter allokáció. A beállítás a készülék újraindítása után aktualizálódik. Az aktuális beállítás a konfigurációtól független című "Aktuális regiszter konfiguráció" nevű regiszterből (4.13 alfejezet) olvasható ki.

4.8.20 Fenntartott regiszterek I.

Cím/típus	Név	Megjegyzés
0x02CD... 0x02CE (RW)	Fenntartott regiszterek	

4.8.21 Kommunikációs beállítások II.

Cím/típus	Név	Megjegyzés
0x02CF (RW)	ModBus távirat-vége adásszünet [ms]	
0x02D0 (RW)	RS485 vonal kommunikációs formátum beállítások	1...2 bit: Paritás 0x0: Nincs 0x1: Páros paritás 0x2: Páratlan paritás 0x3: 9 bites átvitel, de a 9. bit nem használt Gyári alapbeállítás: Páros paritás
		0 bit: Stopbitek száma 0x0: 1 stopbit 0x1: 2 stopbit Gyári alapbeállítás: 1 stopbit

4.8.22 Mérés beállításai II.

Cím/típus	Név	Megjegyzés
0x02D1 (RW)	Fenntartott regiszterek	0 bit: Szinkron mintavétel 0x0: Kikapcsolva 0x1: Bekapcsolva

4.8.23 4.9.23Kommunikáció időzítő beállítása

Cím/típus	Név	Megjegyzés
0x02D2 (RW)	Timeout [min]	Várakozási idő percben

4.9 Archív tár

4.9.1 Archív tár információ

Cím/típus	Név	Megjegyzés
0x02F0 (R)	Archív tár állapotregiszter	0xFFFF: Archív tár inicializálás 0x0000: Archív tár kész 0xFFFF: Archív tár nem elérhető
0x02F1 (R)	Tárolható mérési rekordok száma	Ezek a regiszterek csak akkor tartalmaznak érvényes adatot, ha az archív tár állapotregiszter értéke 0x0000 Magyarázat a 4.10.3 pontban található.
0x02F2 (R)	Tárolt mérési rekordok száma	

0x02F3 (R)	Utoljára mentett mérési rekord index	Készülék események csak a TMT P3 távadókban elérhetőek.
0x02F4 (R)	Tárolható feszültség esemény rekordok száma	
0x02F5 (R)	Tárolt feszültség esemény rekordok száma	
0x02F6 (R)	Utoljára mentett feszültség esemény rekord index	
0x0408 (R)	Tárolható készülék esemény rekordok száma	
0x0409 (R)	Tárolt készülék esemény rekordok száma	
0x040A (R)	Utoljára mentett készülék esemény rekord index	

4.9.2 Archív tár, rekord buffer parancs- és állapotregiszterek

Cím/típus	Név	Megjegyzés	
0x02F7 (RW)	Rekord buffer parancsregiszter	0x0000: Rekord buffer inicializálás 0xFFFF: A parancsregiszter parancs fogadására kész.	
		15...8 bit: Parancskód	0x01: Egy rekord olvasása 0x02: Több rekord olvasása 0x80: Rekordok törlése
		7...0 bit: Adatterület	0x10: Mérési rekordok 0x20: Feszültség események 0x30: Készülék események
0x02F8 (RW)	Rekord kezdőindex		
0x02F9 (R)	Rekord állapotregiszter bufferben	15...8 bit: A bufferben található adatok típusa	0x00: A bufferben nincs érvényes adat 0x10: Mérési rekordok 0x20: Feszültség események 0x30: Készülék események
		7...0 bit: Az utolsó művelet eredménye	0xFF: Parancsvégrehajtás folyamatban. 0x00: Parancsvégrehajtás kész. 0x01: Parancsvégrehajtás kész de a bufferben található rekordok közül legalább egy CRC hibás. 0x11: A hivatkozott adatterület nem létezik. 0x12: A hivatkozott rekordindex nem létezik. 0x20: Ismeretlen parancskód.
0x02FA (R)	Rekord bufferben található rekordok kezdőindexe		
0x02FB (R)	Rekord bufferben található rekordok száma		
0x02FC (R)	Rekord bufferben található rekordok hossza [word]		

Magyarázat a 4.10.3 pontban található.

4.9.3 Archív tár, rekord buffer

Cím/típus	Név	Megjegyzés
0x0300... 0x03FF (R)	Rekord buffer	Lásd a szövegben

A készülék bekapcsolása után történik az archív tár inicializációja. Ha hardver hiba miatt (óra IC- vagy FLASH memória hiba) ez nem jár sikerrel, az *archív tár állapotregiszter* értéke 0xFFFF lesz. Ha az inicializálás sikeres, az állapotregiszter értéke 0x0000 lesz. Ebben az esetben az adatterületekhez tartozó információs regiszterek érvényes adatot tartalmaznak. Mindegyik adatterület esetében a *tárolható rekordok száma regiszterből* kiolvasható, hogy az aktuális beállítások mellett mennyi rekord fér az adott adatterületre (C_{MAX}). A tárolt rekordok címe (index) $0 \dots C_{MAX} - 1$ lehet. A *tárolt rekordok száma regiszter* tartalmazza, hogy aktuálisan mennyi rekord van az adatterületen (C_{REC}). Az *utoljára mentett mérési rekord regiszter* annak a rekordnak a címét tartalmazza, mely utoljára az adatterületre lett mentve (P_{WR}). A rekordok mentése sorban egymás után a 0-tól kezdődően egyesével előre lépve történik. A $C_{MAX} - 1$ című rekord után ismét a 0 című rekord következik. Így mindig a legrégebben mentett rekord íródik felül. Mivel az archív tár csak azonos szerkezetű rekordokat tud tárolni, a regisztrálási opciók megváltoztatása a tárolt mérési rekordok azonnali törlését okozza.

A tárolt rekordok az archív tár rekord bufferén keresztül olvashatóak ki a készülékből. (A rekordok szerkezetének leírása a 4.10.4, 4.10.5 és 4.10.6 pontokban található). A buffer 256 regiszterből áll. Így a bufferben (amennyiben a rekord méret legfeljebb 128 word), több rekord is elfér. A *rekord buffer parancsregiszterbe* írt megfelelő parancskód hatására a készülék bizonyos számú rekordot a bufferbe másol. A parancsregiszter akkor írható, ha az abból kiolvasott érték 0xFFFF. Ez azt jelenti, hogy az archív tár inicializálása, vagy az előzőleg kiadott parancs végrehajtása befejeződött.

Ha a parancskód *rekordok törlése*, akkor a megadott adatterület összes rekordját törli a készülék.

Ha a parancskód *egy rekord olvasása*, akkor a megadott adatterületről a *rekord kezdőindex regiszterben* megadott című rekord kerül a bufferbe. A rekord a buffer „elejére” kerül, azaz 0x0300 címtől kezdődően a rekord méretének megfelelő számú regisztert foglalja el. A buffer többi regisztere érvénytelen adatot tartalmaz.

Ha a parancskód *több rekord olvasása*, akkor a megadott adatterületről a *rekord kezdőindex regiszterben* megadott című rekordtól sorban egymás után következő rekordok kerülnek a bufferbe. A rekordok a buffer „elejére” kerülnek a 0x0300 címtől kezdődően, a rekordok között nincs „kihagyott” regiszter. Az utolsó rekord utáni terület érvénytelen adatot tartalmaz. A bufferbe kerülő rekordok száma a következő szabályok szerint alakul:

A bufferbe egész rekordok kerülnek. Ez meghatározza a bufferben tárolható maximális rekordszámot. Ha a rekordméretnek a bufferméret nem egész számú többszöröse, akkor a buffer utolsó regiszterei érvénytelen adatot fognak tartalmazni (pl.: a rekordméret 55 word, akkor $256/55 = 4,65$ így maximum 4 rekord kerül a bufferbe. Az utolsó $256 - 55 \cdot 4 = 36$ word mindenképpen érvénytelen adatot fog tartalmazni.)

A bufferbe egyesével növekedő című rekordok kerülnek csak. Ha pl. aktuálisan 43 rekord van a tárban (címük: $0 \dots 42$) és a 40 a megadott kezdőindex (*rekord kezdőindex regiszterben*), akkor bufferbe csak a 40, 41 és 42 című rekordok kerülnek akkor is, ha a bufferbe több rekord férne. (A 42. rekordot tehát nem követi a 0, 1, ... stb. című rekord)

Akkor sincs kihasználva a buffer teljes mérete, ha a *rekord kezdőindex* által megcímzett rekord és az utána keletkezett rekordok száma kevesebb, mint amennyi a bufferbe férne. Pl. legyen a tárban 43 regiszter, és utoljára a 14 című regiszter került a tárba (ezt mutatja az *utoljára mentett mérési rekord regiszter*). Ha a megadott kezdő index 12, akkor a bufferbe a 12, 13 és 14 című regiszterek kerülnek akkor is, ha a bufferbe több rekord férne. Ugyanis a tár legrégebbi rekordja a 15 című, őt követi időben a 16 című... stb. Így tehát csak a hivatkozott 12. és az annál újabb, 13. és 14. regiszterek kerülnek a bufferbe. Ez biztosítja, hogy a bufferben keletkezési idejüket tekintve időben egymást követő rekordok kerülnek.

A *parancsregiszter* a végrehajtás ideje alatt megőrzi a parancskódot. Amikor a készülék a parancsot végrehajtotta, a parancsregiszterből ismét a 0xFFFF érték olvasható vissza. A *rekord buffer állapotregiszter* fogja a parancs végrehajtása során bekövetkezett állapotot jelezni. Ha az állapotregiszter 15...8 bitjeinek értéke a parancs végrehajtás után 0x00, akkor a végrehajtás után

a buffer nem tartalmaz érvényes rekordot. Akkor fordul ez elő, ha a parancskód *rekordok törlése* volt, vagy valamilyen hiba történt a végrehajtás során. Az állapotregiszter 7...0 bitjei tartalmazzák az esetleges hiba kódját.

Ha az *állapotregiszter* 15...8 bitjeinek értéke a parancs végrehajtás után nem 0x00, akkor az jelzi, hogy mely adatterület rekordjait tartalmazza a buffer. Ebben az esetben a *rekord bufferben található rekordok kezdőindexe* regiszter tartalmazza a bufferben található első rekord címét a tárban, a *rekord bufferben található rekordok száma* regiszter tartalmazza a bufferben található rekordok számát és a *rekord bufferben található rekordok hossza* regiszter a rekordok hosszát word-ben kifejezve. Azaz hogy egy rekord mennyi regisztert foglal el a bufferből. E két utóbbi érték (rekordok száma és hossza) szorzata adja meg, hogy a buffer regiszterei közül mennyi tartalmaz érvényes adatot.

Minden rekord tartalmaz egy CRC mezőt. A készülék az összes bufferbe kerülő rekordon CRC ellenőrzést hajt végre. Ha azok közül valamelyik CRC hibás, akkor azt az állapotregiszter 7...0 bitje jelzi. Azt, hogy melyik rekord a hibás, a készülék nem jelöli meg, azt a bufferből való kiolvasás után a feldolgozó szoftvernek kell eldönteni.

FIGYELEM! A legrégebbi rekordok (a legutoljára írt rekord után következnek) olvasásakor körültekintően kell eljárni! Ha a parancsregiszter írása (távirat feldolgozása) és a végrehajtása közötti időben egy (vagy több) újabb rekord keletkezik, akkor előfordulhat, hogy a tár írása megelőzi a tár olvasást. Így a bufferbe nem a kívánt legrégebbi, hanem a legújabb rekord kerül (ez ugyanis időközben felülírta a legrégebbit.)

Emiatt a mérési rekordok közül a legrégebbi olvasását vagy mellőzni kell, vagy olyankor kell azt megtenni, mikor nem várható szinkronjel (pl. a negyedóra közepén).

Feszültségesemény rekordok írása esetén még nagyobb figyelemre van szükség. Azok keletkezése ugyanis bármikor bekövetkezhet, és előfordulhat, hogy rövid idő alatt nagyon sok keletkezik. Emiatt a legrégebbi rekordok olvasásakor két megoldást lehet alkalmazni:

A legrégebbi kb. 100 rekord olvasásának mellőzése. Egy-egy rekord írása legalább kb. 10ms időbe telik. Így az elkövetkező másodpercben maximum 100 rekord íródik a tárba. Így akkor sem okoz zavart a rekordok felülírása, ha a kommunikációs vonal terheltsége miatt csak másodpercenként lehetséges egy parancsregiszter írás / várakozás / buffer olvasás ciklus végrehajtása.

A kiolvasott rekordok időbélyegének ellenőrzése a feldolgozás előtt.

4.9.4 Mérési rekord

Offset	Név	Megjegyzés
0x0000	Időbélyeg 32 bit integer	0xFFFF FFFF érvénytelen rekord
0x0001	LO:HI	31...26 bit: Év 0...63 (2000...2063) 25...22 bit: Hónap 1...12 21...17 bit: Nap 1...31 16...12 bit: Óra 0...23 11...6 bit: Perc 0...59 5...0 bit: Másodperc 0...59
0x0002	Rekord típus	Mindig 0x0010
0x0003	Regisztrátum opciók	Opció bitek leírása a 4.9.16 pontban
0x0004		
0x0005	Mérés állapotjelző bitek	Bitek leírása: 4.3.8 pont
0x0006	Áramérték faktor	32 bites lebegőpontos értékek
0x0007		

0x0008	Feszültségérték faktor		
0x0009			
0x000A	Teljesítményérték faktor		
0x000B			
0x000C...	Pillanat értékek minimuma	<i>Pillanatérték rekord</i> , ha van minimum/maximum regisztrálás	Rekordok leírásai a táblázat után találhatóak
	Pillanat értékek átlaga	Pillanatérték rekord	
	Pillanat értékek maximuma	<i>Pillanatérték rekord</i> , ha van minimum/maximum regisztrálás	
	Energia értékek	<i>Energia rekord</i> , ha van energia regisztrálás	
	Frekvencia minimum	Előjeles egész. Ha van frekvencia és minimum/maximum regisztrálás	
	Frekvencia átlag	Előjeles egész. Ha van frekvencia regisztrálás	
	Frekvencia maximum	Előjeles egész. Ha van frekvencia és minimum/maximum regisztrálás	
	Impulzus számláló értékek	<i>Impulzus rekord</i> , ha van impulzus számláló regisztrálás	
Hossz-3	Hiba regiszter 0.	Bitek jelentése: 4.5 Pont	
Hossz-2	Hiba regiszter 1.	A hibaregiszter mindig a CRC előtti két word-öt fogja elfoglalni. Ha a további fejlesztések során a fentiek után még további mérési adatok kerültnek a rekordba, akkor azok a hiba regiszter elé kerülnek. A rekord hossza mindig a 0x02FC című regiszterből olvasható ki (4.10.2 pont)	
Hossz-1	CRC	15...8 bit: CRC LO 7...0 bit: CRC HI	

Pillanatérték rekord

Offset	Név	Megjegyzés
Regisztrátum opcióktól függően változó	Fázis feszültségek	3 előjeles egész, ha van fázisfeszültség regisztrálás
	Vonali feszültségek	3 előjeles egész, ha van vonali feszültség regisztrálás
	Fesz. szimmetrikus összetevők	3 előjeles egész, ha van feszültség szimmetrikus összetevő
	Feszültség THD	3 előjeles egész, ha van feszültség THD regisztrálás
	Fázisáramok	3 előjeles egész, ha van fázisáram regisztrálás
	Nullvezető árama	1 előjeles egész, ha van nullvezető áram regisztrálás
	Áram szimmetrikus összetevők	3 előjeles egész, ha van áram szimmetrikus összetevő
	Áram THD	3 előjeles egész, ha van áram THD regisztrálás
	Áram CF	3 előjeles egész, ha van áram CF regisztrálás
	Össz. hatásos teljesítmény	1 előjeles egész, ha van össz. hatásos teljesítmény regisztrálás
	Fázisonkénti hatásos telj.	3 előjeles egész, ha van fázisonkénti hatásos telj. regisztrálás
	Össz. meddő teljesítmény	1 előjeles egész, ha van össz. meddő teljesítmény regisztrálás
	Fázisonkénti meddő telj.	3 előjeles egész, ha van fázisonkénti meddő telj. regisztrálás
	Össz. látszólagos teljesítmény	1 előjeles egész, ha van össz. látszólagos teljesítmény regisztrálás

	Fázisonkénti látszólagos telj.	3 előjeles egész, ha van fázisonkénti látszólagos telj. regisztrálás
	Össz. teljesítmény tényező	1 előjeles egész, ha van össz. teljesítmény tényező regisztrálás
	Fázisonkénti telj. tényező	3 előjeles egész, ha van fázisonkénti teljesítmény tényező regisztrálás

Energia rekord

Offset	Név	Megjegyzés
0	Fogyasztott hatásos energia	32 bites előjeles értékek.
1		
2	Visszatáplált hatásos energia	
3		
4	Induktív meddő energia	
5		
6	Kapacitív meddő energia	
7		

Impulzus rekord

Állapotok		
Offset	Név	Megjegyzés
0	0. impulzusszámláló	
1		
2	1. impulzusszámláló	
3		
4	2. impulzusszámláló	
5		

4.9.5 Feszültség esemény rekord

Offset	Név	Megjegyzés	
0x0000	Időbélyeg 32 bit integer LO:HI	0xFFFF FFFF érvénytelen rekord	
0x0001		31...26 bit: Év	0...63 (2000...2063)
		25...22 bit: Hónap	1...12
		21...17 bit: Nap	1...31
		16...12 bit: Óra	0...23
		11...6 bit: Perc	0...59
		5...0 bit: Másodperc	0...59
0x0002	Rekord típus	Mindig 0x0020	
0x0003	Feszültség információ esemény	12...15. bit: Fázis	0x0: R 0x1: S 0x2: T
		0...11, bit: Esemény típusa	0x103: Túlfeszültség >120% 0x102: Túlfesz. 115...120% 0x101: Túlfesz. 110...115% 0x201: Fesz. Letörés 70...90% 0x202: Fesz. Letörés 40...70%

			0x203: Fesz. Letörés 20...40% 0x204: Fesz. Letörés 10...20% 0x300: Fesz. kimaradás <10%
0x0004	Hossz [ms]		
0x0005			
0x0006	Feszültségérték faktor	32 bites lebegőpontos érték	
0x0007			
0x0008	Minimum/maximum feszültség	16 bites előjeles egész	
0x0009	CRC	15...8 bit: CRC LO 7...0 bit: CRC HI	

4.9.6 Készülék esemény rekord

Offset	Név	Megjegyzés
0x0000	Időbélyeg 32 bit integer	0xFFFF FFFF érvénytelen rekord
0x0001	LO:HI	31...26 bit: Év 0...63 (2000...2063) 25...22 bit: Hónap 1...12 21...17 bit: Nap 1...31 16...12 bit: Óra 0...23 11...6 bit: Perc 0...59 5...0 bit: Másodperc 0...59
0x0002	Rekord típus	Mindig 0x0030
0x0003... 0x0013	Információ	34 bájtnyi szöveges információ. A regiszterek LS bájtja tartalmazza a kisebb sorszámu karaktert. A szöveget mindig a "\r\n" karakterpár zárja le. A fennmaradó karakterek értéke (ha van ilyen) '0'.
0x0014	CRC	15...8 bit: CRC LO 7...0 bit: CRC HI

4.10 Jelalak buffer

4.10.1 Parancs-, mód- és állapotregiszterek

Cím/típus	Név	Megjegyzés
0x05F0 (RW)	Jelalak parancsregiszter buffer	0x0000: A parancsregiszter parancs fogadására kész 0x0001: Adatgyűjtés indítása (<i>Start</i>) 0x0002: Adatgyűjtés leállítása (<i>Stop</i>) 0x0003: Indítófeltétel generálása (<i>Trigger</i>)
0x05F1 (R)	Jelalak állapotregiszter buffer	0x0000: Jelalak buffer inicializálás 0x0001: Nincs adatgyűjtés 0x0002: Buffer kezdeti feltöltés 0x0003: Várakozás indítófeltételre 0x0004: Indítófeltétel teljesült, adatgyűjtés van folyamatban 0x0005: Adatgyűjtés kész, a jelalak bufferben adat elérhető
0x05F2 (R)	Indítófeltétel teljesülése előtti minták száma	Ezek a <i>csak olvasható</i> regiszterek az adatgyűjtő aktuális működési paramétereit tartalmazzák. Értékeik a <i>Start</i> parancs kiadása esetén

0x05F3 (R)	Indító digitális jelzés	aktualizálódnak a paramétertáblából. Ezek a beállítások tehát a paramétertábla megfelelő regisztereibe történő írással módosíthatóak, de az új paramétereket a készülék csak a következő adatgyűjtési ciklusban (<i>Start</i> parancs után) veszi figyelembe.
0x05F4 (R)	0. analóg indító feltétel, működési mód	
0x05F5 (R)	0. analóg indító feltétel, feszültségszint	
0x05F6 (R)	1. analóg indító feltétel, működési mód	
0x05F7 (R)	1. analóg indító feltétel, feszültségszint	
0x05F8 (R)	2. analóg indító feltétel, működési mód	
0x05F9 (R)	2. analóg indító feltétel, feszültségszint	
0x05FA (R)	3. analóg indító feltétel, működési mód	
0x05FB (R)	3. analóg indító feltétel, feszültségszint	
0x05FC (R)	4. analóg indító feltétel, működési mód	
0x05FD (R)	4. analóg indító feltétel, feszültségszint	
0x05FE (R)	5. analóg indító feltétel, működési mód	
0x05FF (R)	5. analóg indító feltétel, feszültségszint	

4.10.2 Adatregiszterek

Cím/típus	Név	Megjegyzés
0x0600... 0x06FF (R)	U_1 csatorna	Minden csatornához 256 regiszter tartozik, ami 512db 8 bites mintát tartalmaz. Minden regiszter két mintát tartalmaz olyan módon, hogy regiszter a kisebb helyi-értékű bájtja (LSB) tartalmazza a kisebb indexű mintát.
0x0700... 0x07FF (R)	U_2 csatorna	
0x0800... 0x08FF (R)	U_3 csatorna	
0x0900... 0x09FF (R)	I_1 csatorna	
0x0A00... 0x0AFF (R)	I_2 csatorna	
0x0B00... 0x0BFF (R)	I_3 csatorna	

4.11 TMT D-vel kompatibilis regiszterek

Cím/típus	Név	Megjegyzés
0x1000 (R)	I_1 (M_{I1})	Áram érték [A]: $I = A_{II} \cdot I_{NOM} \cdot M_I / 3400$
0x1001	I_2 (M_{I2})	

(R)		
0x1002 (R)	I3 (M_{I3})	
0x1003 (R)	U1 (M_{U1})	Feszültség érték [V]: $U = A_{UU} \cdot U_{NOM} \cdot M_U / 3400$
0x1004 (R)	U2 (M_{U2})	
0x1005 (R)	U3 (M_{U3})	
0x1006... 0x1008 (R)	Nem implementált	
0x1009 (R)	F (M_F)	Frekvencia [Hz]: $F = M_F / 1000$
0x100A (R)	P TOT (M_P)	Teljesítmény [W] $P = A_{II} \cdot A_{UU} \cdot I_{NOM} \cdot U_{NOM} \cdot M_P / 3400$
0x100B (R)	Q TOT (M_Q)	Meddő teljesítmény [VAR] $Q = A_{II} \cdot A_{UU} \cdot I_{NOM} \cdot U_{NOM} \cdot M_Q / 3400$

Ezek a regiszterek „TMT-D-vel kompatibilis regiszter allokáció” (4.9.19 pont) esetén a 0x0000...0x000B címen érhetőek el.

4.12 Aktuális regisztercím konfiguráció

Cím/típus	Név	Megjegyzés
0xF000 (R)	Aktuális regiszter konfiguráció	0x0000: TMT-D-vel kompatibilis regiszter allokáció. 0xFFFF: TMT-G (új) regiszter allokáció.

A fenti regiszter csak olvasható. A konfiguráció megváltoztatása a paramétertáblán keresztül lehetséges (4.9.19 pont).

4.13 A normált értékek átszámítása fizikai mennyiségekre

4.13.1 A szorzó faktorok értékei

Ezeket az értékeket a 4.3 alfejezetben ismertetett regiszterekből lehet kiolvasni. A készülék a készülék adatlap (bemeneti névleges értékek) és a paramétertábla (árambemenet kiválasztott mód és váltók áttételei) adataiból számítja az alábbi módon:

$$I_F[A] = \frac{I_{NOM} \cdot A_{II}}{20\,000} \quad U_F[V] = \frac{U_{NOM} \cdot U_{II}}{20\,000} \quad S_F[VA] = \frac{(I_{NOM} \cdot A_{II}) \cdot (U_{NOM} \cdot U_{II})}{20\,000}$$

4.3. kifejezés

ahol I_{NOM} és U_{NOM} a készülék bemenetek névleges értékei (1A/5A árambemenet típus esetén I_{NOM} függ még az aktuális beállítástól is). A_{II} és U_{II} a készülékhez csatlakoztatott áram- és feszültségváltók áttételei.

A továbbiakban a készülék által szolgáltatott integer mérési eredményt az M betű jelöli.

4.13.2 Fázis-, vonali- és szimmetrikus feszültségek

$$U_{LN}[V] = U_F \cdot M_{ULN}$$

$$U_{LL}[V] = \sqrt{3} \cdot U_F \cdot M_{ULL}$$

$$U_{SYM}[V] = U_F \cdot M_{USYM}$$

4.4. kifejezés

4.13.3 Fázis-, nullvezető- és szimmetrikus áramok

$$I_L[A] = I_F \cdot M_{IL}$$

$$I_N[A] = 3 \cdot I_F \cdot M_{IN}$$

$$I_{SYM}[A] = I_F \cdot M_{ISYM}$$

4.5. kifejezés

4.13.4 Harmonikusok RMS értékei

$$U_H[V] = U_F \cdot M_{UH}$$

$$4.13.5 \quad I_H[A] = I_F \cdot M_{IH}$$

4.6. kifejezés

4.13.6 Harmonikusok fázisszöge

$$\varphi_H[^\circ] = \frac{180^\circ}{32\,768} \cdot M_H$$

4.7. kifejezés

4.13.7 Harmonikus torzítás

$$THD[\%] = \frac{400\%}{20\,000} \cdot M_{THD}$$

4.8. kifejezés

4.13.8 Csúcstényező

$$CF[A/A] = \frac{1}{1\,000} \cdot M_{CF}$$

4.9. kifejezés

4.13.9 Teljesítmények, teljesítménytényező

Fázisonkénti értékek

$$P[W] = S_F \cdot M_P \quad Q[VAR] = S_F \cdot M_Q$$

$$S[VA] = S_F \cdot M_S \quad PF[VA/W] = \frac{1}{20\,000} \cdot M_{PF}$$

4.10. kifejezés

Három fázisú értékek

$$P_{TOT}[W] = 3 \cdot S_F \cdot M_{PTOT} \quad Q_{TOT}[VAR] = 3 \cdot S_F \cdot M_{QTOT}$$

$$S_{TOT}[VA] = 3 \cdot S_F \cdot M_{STOT} \quad PF_{TOT}[VA/W] = \frac{1}{20\,000} \cdot M_{PFTOT}$$

4.11. kifejezés

4.13.10 Energia

$$E[VAh] = 1h \cdot 3 \cdot S_F \cdot M_E$$

$$E[VAs] = 3600s \cdot 3 \cdot S_F \cdot M_E$$

4.12. kifejezés

4.13.11 Impulzus-energia egyenérték

$$E[\text{VAh}] = \frac{1 \text{ h} \cdot S_F}{45\,000\,000} \cdot V_{EIMP}$$

$$E[\text{VAs}] = \frac{3600 \text{ s} \cdot S_F}{45\,000\,000} \cdot V_{EIMP}$$

4.13. kifejezés

4.13.12 Frekvencia

$$F[\text{Hz}] = 50 \text{ Hz} + \frac{M_F}{1000}$$

4.14. kifejezés

4.13.13 Jelalak buffer minták

$$U_{SMP}[\text{V}] = \frac{65750}{128} \cdot U_F \cdot M_{USMP}$$

$$I_{SMP}[\text{A}] = \frac{65750}{128} \cdot I_F \cdot M_{ISMP}$$

4.15. kifejezés

4.14 Táblázatokban használt konstansok

4.14.1 Időtartam

Érték	jelentés
0x0	Nincs
0x1	1 ms
0x2	2 ms
0x3	5 ms
0x4	10 ms
0x5	20 ms
0x6	50 ms
0x7	100 ms
0x8	200 ms
0x9	500 ms
0xA	1 s
0xB	2 s
0xC	5 s
0xD	10 s
0xE	30 s
0xF	1 min

4.14.2

Digitális jelzések

Érték	jelentés
0x0	Nincs
0x1	0. Impulzus szűrő
0x2	1. Impulzus szűrő
0x3	2. Impulzus szűrő
0x4	Szinkronjel
0x5	Mérő modul E_{P+} impulzus
0x6	Mérő modul E_{P-} impulzus
0x7	Mérő modul E_{Q+} impulzus
0x8	Mérő modul E_{Q-} impulzus
0x9	ModBus impulzus
0xA	Regisztrátum mentés kész
0xB	Óra
0xC	Jelalak regisztrálás kész
0xD	Fenntartva
0xE	Kommunikáció időzítő

4.14.3 Mérések

Érték	jelentés
0x00	Nincs
0x01	IR fázisáram
0x02	IS fázisáram
0x03	IT fázisáram
0x04	UR fázisfeszültség
0x05	US fázisfeszültség
0x06	UT fázisfeszültség
0x07	Összegzett hatásos teljesítmény
0x08	Összegzett meddő teljesítmény
0x09	Összegzett látszólagos teljesítmény
0x0A	Összegzett teljesítmény tényező
0x0B	Áram zérus sorrendi összetevő
0x0C	Áram pozitív sorrendi összetevő
0x0D	Áram negatív sorrendi összetevő
0x0E	R fázisáram harmonikus torzítás
0x0F	S fázisáram harmonikus torzítás
0x10	T fázisáram harmonikus torzítás
0x11	R fázisáram csúcs tényező
0x12	S fázisáram csúcs tényező

0x13	T fázisáram csúcsnévleges
0x14	Nullvezető áram
0x15	URS vonali feszültség
0x16	UST vonali feszültség
0x17	UTR vonali feszültség
0x18	Feszültség zérus sorrendi összetevő
0x19	Feszültség pozitív sorrendi összetevő
0x1A	Feszültség negatív sorrendi összetevő
0x1B	R fázisfeszültség harmonikus torzítás
0x1C	S fázisfeszültség harmonikus torzítás
0x1D	T fázisfeszültség harmonikus torzítás
0x1E	R fázis hatásos teljesítmény
0x1F	S fázis hatásos teljesítmény
0x20	T fázis hatásos teljesítmény
0x21	R fázis meddő teljesítmény
0x22	S fázis meddő teljesítmény
0x23	T fázis meddő teljesítmény
0x24	R fázis látszólagos teljesítmény
0x25	S fázis látszólagos teljesítmény
0x26	T fázis látszólagos teljesítmény
0x27	R fázis teljesítménytényező
0x28	S fázis teljesítménytényező
0x29	T fázis teljesítménytényező
0x2A	Időszakos fogyasztott hatásos energia
0x2B	Időszakos visszatáplált hatásos energia
0x2C	Időszakos induktív meddő energia
0x2D	Időszakos kapacitív meddő energia
0x2E	0. Impulzusszámláló
0x2F	1. Impulzusszámláló
0x30	2. Impulzusszámláló
0x31	Frekvencia

4.14.4 Digitális jelforrások

Érték	jelentés
0x0	Nincs
0x1	0. Határérték kapcsoló
0x2	1. Határérték kapcsoló
0x3	2. Határérték kapcsoló
0x4	0. Impulzus formáló

0x5	1. Impulzus formáló
0x6	2. Impulzus formáló
0x7	0. Maximumór kapcsolójel
0x8	0. Maximumór túllépés
0x9	1. Maximumór kapcsolójel
0xA	1. Maximumór túllépés
0xB	2. Maximumór kapcsolójel
0xC	2. Maximumór túllépés

5. Mellékletek

5.1 Analóg karakterisztika paramétereinek számítása, példa

Legyenek a készülék bemenetei $I_{NOM} = 5 \text{ A}$ és $U_{NOM} = 230,94 \text{ V}$, áramváltó áttétele $200 \text{ A} : 5 \text{ A}$, feszültségváltó nincs, azaz $A_{II} = 40$, $A_{UU} = 1$.

Kívánt beállítás:

Az áram legyen arányos a 3 fázis összegzett teljesítményével

0 kW esetén 4 mA és

120 kW esetén 20 mA kimenő áramot szeretnénk

A kimenő áram 4 mA és 20 mA között maradjon akkor is, ha a teljesítmény kilép a fenti 0...120 kW tartományból.

Az analóg jelforrás a

$$V_{XLIN} = M \cdot \frac{A_X}{8192} + B_X$$

$$V_X = \begin{cases} S_{XLO} & \text{ha } V_{XLIN} < S_{XLO} \\ S_{XHI} & \text{ha } V_{XLIN} > S_{XHI} \\ V_{XLIN} & \text{egyébként} \end{cases}$$

5.1. kifejezés

összefüggés szerint a kiválasztott M mérési eredményből V értéket képz (lásd: 4.9.12 pont). Ezt a V értéket kapja meg az analóg kimeneteket vezérlő egység, aminek hatására a kimeneten a következő áram jelenik meg:

$$I_{XKI} = 20 \text{ mA} \cdot \frac{V_X}{20000}$$

5.2. kifejezés

Tehát digitális 1 értékhez $1 \mu\text{A}$ áram tartozik.

Első lépés a határok számítása.

4 mA áramhoz ezek alapján $V = 4000$ érték tartozik, tehát $S_{LO} = 4000$.

20 mA áramhoz $V = 20000$ érték tartozik, tehát $S_{HI} = 20000$.

Következő lépés B offset számítása.

$M = 0$ esetén $V = B$ (5.1 kifejezésből), és 0 kW esetén 4 mA áramot szeretnénk így: $B = 4000$

Végül A meredekséget kell kiszámolni.

A kívánt áram 120 kW esetén 20 mA. Először ki kell számolni, hogy 120 kW esetén mennyi a normált M értéke.

A háromfázisú névleges teljesítmény: $P_{NOM} = 3 \cdot (A_{UU} \cdot U_{NOM}) \cdot (A_{II} \cdot I_{NOM})$, ami a jelen esetben 138,564 kW. Ha a 4.14 pontban található kifejezéseket megnézzük, látható, hogy esetünkben ehhez a teljesítményhez tartozik $M_{NOM} = 20000$ érték. Ezekből a 120 kW-hoz tartozó érték $M = 20000 \cdot 120 \text{ kW} / 138,564 \text{ kW} = 17321$

5.1 átrendezésével ezekből A számítható (itt $V = 20000$, mert 120 kW-nál 20 mA kimenő áramot szeretnénk):

$$A = \frac{8\,192}{M} \cdot (V - B) = \frac{8\,192}{17\,321} \cdot (20\,000 - 4\,000) = 5\,767$$

5.3. kifejezés

5.2 Torzított jelek mérése

Sokan a tiszta szinuszos hálózatokra jellemző összefüggések alapján próbálják a modern készülékek által szolgáltatott mérési eredményeket értelmezni. Ha azonban az áram- és feszültségjelek torzítása nem elhanyagolható, látszólagos ellentmondásokat tapasztalhatunk. Az is gyakran előfordul, hogy két különböző gyártó készüléke mást mér. Ezekre az esetekre próbál magyarázatot adni ez az alfejezet.

5.2.1 Teljesítmények váltójelek esetén

Időben váltakozó áram és feszültség jelek esetén a pillanatnyi teljesítmény is folyamatosan változik.

$$p(t) = u(t) \cdot i(t)$$

5.4. kifejezés.

A gyakorlatban az 5.4 kifejezés szerinti pillanatnyi villamos teljesítmény gyors változásait a fogyasztók nagy termikus, mechanikus... stb. tehetetlensége „kisimítja”. Így a pillanatnyi teljesítmény függvény időbeni átlaga, a *hatásos teljesítmény* jól jellemzi a fogyasztó által végzett munkát:

$$P = \overline{p(t)} = \frac{1}{T} \int_T u(t) \cdot i(t) \cdot dt$$

5.5. kifejezés.

Általános esetben T integrálási időt a rendszer időállandóitól függően kell megválasztani, de periodikus esetben a feszültség- és áramjelek egy periódusának hossza lehet. A további képletekben, levezetésekben T mindig a periódusidőt fogja jelölni. Emellett azt a rendszert fogom követni (mint a fenti kifejezés esetén is), hogy az jelek időfüggvényét kis betűvel jelölöm, az átlag és effektív értékeket nagybetűvel.

5.2.2 Szinuszos eset, rezisztív fogyasztó

E legegyszerűbb esetről csak azért írok itt, hogy a további magyarázatokhoz és levezetésekhez szükséges gondolatmenetet bevezessem.

Kapcsoljunk R ellenállásra szinuszos időfüggvényű feszültség jelet, ahol $\omega = \frac{2 \cdot \pi}{T}$:

$$u(t) = \sqrt{2} \cdot U \cdot \cos(\omega \cdot t)$$

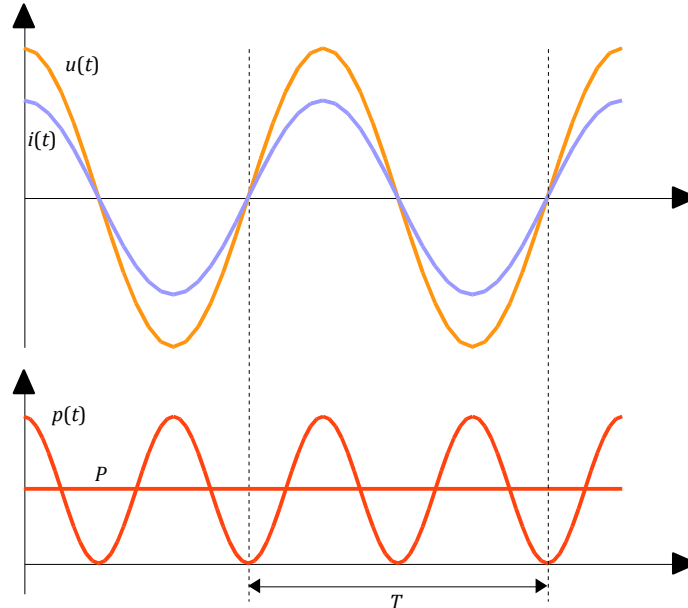
$$i(t) = \sqrt{2} \cdot \frac{U}{R} \cdot \cos(\omega \cdot t)$$

$$p(t) = u(t) \cdot i(t) = 2 \cdot \frac{U^2}{R} \cdot \cos^2(\omega \cdot t) = 2 \cdot \frac{U^2}{R} \cdot \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2} \cdot \cos(2 \cdot \omega \cdot t) \right)$$

$$P = \frac{U^2}{R} \cdot \frac{1}{T} \int_T (1 + \cos(2 \cdot \omega \cdot t)) \cdot dt$$

5.6. kifejezés.

Az 5.6 kifejezést szemlélteti az alábbi ábra:



5.1. ábra. Szinuszos jel teljesítménye rezisztív fogyasztó esetén

A határozott integrál számítása egyszerű, mert a konstans 1 integrálja T időtartamra pontosan T . A második körfrekvenciájú tagnak két periódusa esik T időtartamra, így integrálja nulla. Így a hatásos teljesítmény a következő:

$$P = \frac{U^2}{R} = U \cdot I$$

5.7. kifejezés.

5.2.3 Szinuszos eset, általános fogyasztó

Az előbbi esetben az áram- és feszültségjel értéke között időben állandó arányosság áll fenn (R), így a két jel azonos fázisban van. Reaktív (energia tárolására képes) fogyasztók esetén ez nem teljesül, a két szinuszos jel között fáziskülönbség van.

$$u(t) = \sqrt{2} \cdot U \cdot \cos(\omega \cdot t)$$

$$i(t) = \sqrt{2} \cdot I \cdot \cos(\omega \cdot t - \varphi)$$

5.8. kifejezés.

Az ismert trigonometrikus azonosságok segítségével bontsuk fel az áramjelet két összetevőre. Az egyik komponens legyen fázisban a feszültséggel, a másik legyen 90 fokkal eltolva:

$$i(t) = i_R(t) + i_X(t) =$$

$$i(t) = \sqrt{2} \cdot I_R \cdot \cos(\omega \cdot t) + \sqrt{2} \cdot I_X \cdot \sin(\omega \cdot t) \quad \text{ahol } I_R = I \cdot \cos(\varphi) \text{ és } I_X = I \cdot \sin(\varphi)$$

5.9. kifejezés.

Az áramjelünk tehát matematikailag egy effektív értékű, a feszültséggel azonos fázisú komponensre (i_R) és egy effektív értékű, a feszültséghez képest kilencven fokkal eltolt komponensre (i_X) bontható. Ezek segítségével a hatásos teljesítmény:

$$p(t) = u(t) \cdot (i_R(t) + i_X(t)) =$$

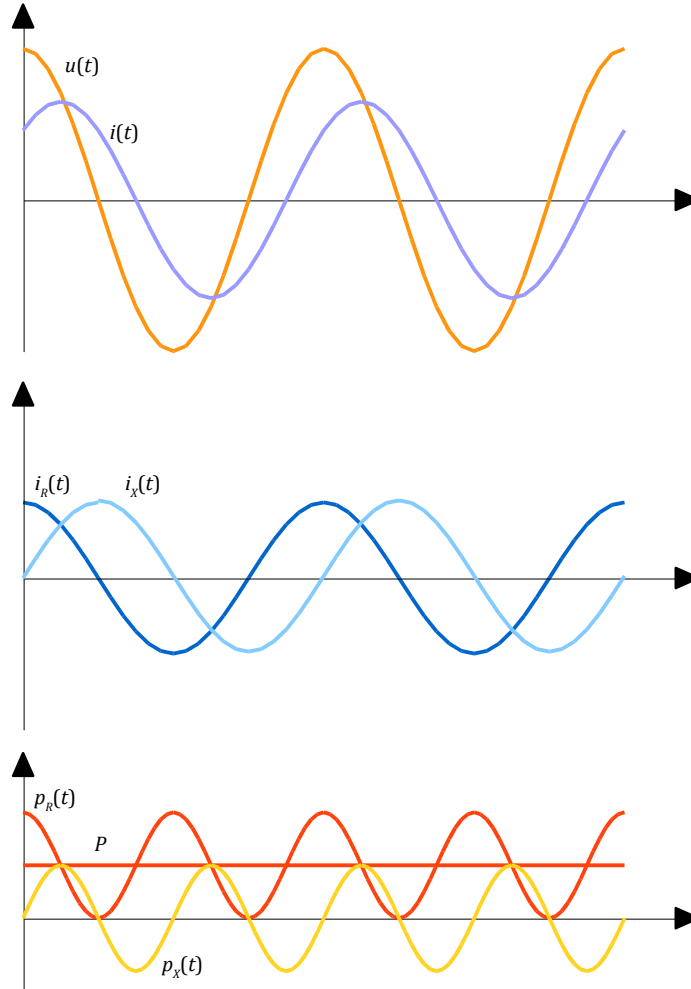
$$p(t) = 2 \cdot U \cdot I_R \cdot \cos^2(\omega \cdot t) + 2 \cdot U \cdot I_X \cdot \cos(\omega \cdot t) \cdot \sin(\omega \cdot t) =$$

$$p(t) = U \cdot I_R \cdot (1 + \cos(2 \cdot \omega \cdot t)) + U \cdot I_X \cdot \sin(2 \cdot \omega \cdot t)$$

$$P = U \cdot I_R \cdot \frac{1}{T} \cdot \int_T (1 + \cos(2 \cdot \omega \cdot t)) \cdot dt + U \cdot I_X \cdot \frac{1}{T} \cdot \int_T \sin(2 \cdot \omega \cdot t) \cdot dt$$

5.10. kifejezés.

Grafikusan megjelenítve:



5.2. ábra. Szinuszos jel teljesítménye reaktív fogyasztó esetén

Ebben az esetben is egyszerű az integrál kiértékelése. Mind a koszinuszos, mind a szinuszos tag integrálja T időtartamra nulla. Csak a konstans 1 tag integrálja T . Ebből a hatásos teljesítmény:

$$P = U \cdot I_R = U \cdot I \cdot \cos(\varphi)$$

5.11. kifejezés.

Az áramnak csak az i_R komponense szállít hatásos teljesítményt. A teljesítmény tehát kevesebb, mint az áram- és feszültségjel effektív értékének szorzata. A köztük levő fáziskülönbségtől függ, hogy mennyivel kevesebb.

A teljesítmény, ha a jelek *fázisban lennének*, akár is $U \cdot I$ lehetne. Ennek a szorzatnak a neve definíció szerint a *látszólagos teljesítmény*:

$$S = U \cdot I$$

5.12. kifejezés.

Ez azért lényeges, mert bár a fogyasztó csak az 5.11 kifejezés szerinti teljesítményt veszi fel, I effektív értékű áram terheli a hozzávezetéseket.

A hatásos és látszólagos teljesítmény hányadosa a teljesítmény tényező:

$$\Theta = \frac{P}{S}$$

5.13. kifejezés.

Szinuszos (felharmonikus nélküli) esetben a fentiekből látható, hogy a teljesítmény tényező az áram- és feszültségjel közötti fáziskülönbség koszinuszával egyezik meg.

Az áramjel 5.9 kifejezés szerinti felbontására tekintve láthatjuk, hogy az áramnak csak az i_R komponense szállít hatásos (fizikai munkát végző) teljesítményt.

Azonban feltehetjük a kérdést, hogy mekkora teljesítményt *szállíthatna* az áramnak a „meddő” $I_X = I \cdot \sin(\varphi)$ effektív értékű i_X része, ha fázisban lenne a feszültséggel. A válasz a definíció

szerinti *meddő teljesítmény*:

$$Q = U \cdot I_X = U \cdot I \cdot \sin(\varphi)$$

5.14. kifejezés.

A teljesítmény értékek között az 5.11, 5.12 és 5.14 kifejezések alapján a következő jól ismert összefüggés van tisztán szinuszos esetben:

$$S^2 = P^2 + Q^2$$

5.15. kifejezés.

5.2.4 Általános periodikus eset, hatásos teljesítmény

Nem szinuszos, periodikus jelek leírhatóak szinuszos komponensek összegeként. A komponenseket leírja az amplitúdójuk, a rendszámuk (frekvenciájuk viszonya az alap harmonikus komponens frekvenciájához képest; ez mindig p egész szám), és az alap harmonikushoz viszonyított fázishelyzete (α_p):

$$u(t) = \sum_p u_p(t) = \sqrt{2} \cdot \sum_p U_p \cdot \cos(p \cdot \omega \cdot t + \alpha_p)$$

5.16. kifejezés.

Ha két jelről van szó, akkor az azonos rendszámú komponens-párok között is van fáziskülönbség. Így az áramjel:

$$i(t) = \sum_q i_q(t) = \sqrt{2} \cdot \sum_q I_q \cdot \cos(q \cdot \omega \cdot t + \alpha_q - \varphi_q)$$

5.17. kifejezés.

Most az áramjel minden egyes harmonikus komponensét bontsuk fel az 5.9 kifejezéshez hasonlóan két-két összetevőre úgy, hogy az azonos rendszámú feszültség-jel komponenssel azonos fázisú és hozzá képest kilencven fokkal eltolt párokat kapjunk:

$$\begin{aligned} i_R(t) &= \sum_q i_{Rq}(t) = \sqrt{2} \cdot \sum_q I_{Rq} \cdot \cos(q \cdot \omega \cdot t + \alpha_q) \quad \text{ahol } I_{Rq} = I_q \cdot \cos(\varphi_q) \\ i_X(t) &= \sum_q i_{Xq}(t) = \sqrt{2} \cdot \sum_q I_{Xq} \cdot \sin(q \cdot \omega \cdot t + \alpha_q) \quad \text{ahol } I_{Xq} = I_q \cdot \sin(\varphi_q) \end{aligned}$$

5.18. kifejezés.

Ezekből a pillanatnyi teljesítmény:

$$p(t) = u(t) \cdot (i_R(t) + i_X(t))$$

$$\begin{aligned} p(t) = & \begin{array}{llll} u_1(t) \cdot i_{R1}(t) & + & u_1(t) \cdot i_{R2}(t) & + \dots \\ u_2(t) \cdot i_{R1}(t) & + & u_2(t) \cdot i_{R2}(t) & + \dots \\ \vdots & + & \vdots & + \ddots \\ u_1(t) \cdot i_{X1}(t) & + & u_1(t) \cdot i_{X2}(t) & + \dots \\ u_2(t) \cdot i_{X1}(t) & + & u_2(t) \cdot i_{X2}(t) & + \dots \\ \vdots & + & \vdots & + \ddots \end{array} \end{aligned}$$

5.19. kifejezés.

A hatásos teljesítmény 5.19 egy periódusra vett átlaga. A kifejezés csak látszólag bonyolult, ugyanis a legtöbb szorzat egy periódusra vett integrálja nulla.

i_{Xq} -t tartalmazó szorzatok tetszőleges p és q esetén:

$$\begin{aligned} u_p(t) \cdot i_{Xq}(t) &= \\ U_p \cdot I_{Xq} \cdot [\cos(p \cdot \omega \cdot t + \alpha_p) \cdot \sin(q \cdot \omega \cdot t + \alpha_q)] &= \\ U_p \cdot I_{Xq} \cdot [\sin((q-p) \cdot \omega \cdot t + (\alpha_q - \alpha_p)) + \sin((q+p) \cdot \omega \cdot t + (\alpha_q + \alpha_p))] & \end{aligned}$$

5.20. kifejezés.

Mivel p és q is egész szám, 5.20 csak olyan összetevőt tartalmaz, mely szinuszos és frekvenciája ω egész számú többszöröse ($p = q$ esetén az első tag nulla). Így egy periódusra az integrálja nulla. Tehát u_p feszültség komponensek egyik i_{Xq} komponenssel sem szállítanak közösen hatásos teljesítményt.

Ugyanez i_{Rq} komponensekre tetszőleges p és q esetén:

$$\begin{aligned}
 u_p(t) \cdot i_{Rq}(t) &= \\
 U_p \cdot I_{Rq} \cdot [\cos(p \cdot \omega \cdot t + \alpha_p) \cdot \cos(q \cdot \omega \cdot t + \alpha_q)] &= \\
 U_p \cdot I_{Rq} \cdot [\cos((q-p) \cdot \omega \cdot t + (\alpha_q - \alpha_p)) + \cos((q+p) \cdot \omega \cdot t + (\alpha_q + \alpha_p))] &
 \end{aligned}$$

5.21. kifejezés.

Amikor $q \neq p$, ugyanaz mondható el, mint az előző esetben, a koszinuszos komponensek integrálja nulla.

Viszont, amikor $p = q$, az első tag értéke 1 így T időtartamra vett integrálja T . Így a hatásos teljesítmény:

$$P = \sum_p U_p \cdot I_{Rp} = \sum_p U_p \cdot I_p \cdot \cos(\varphi_p)$$

5.22. kifejezés.

Ez utóbbi eredményből kettő fontos megállapítást lehet tenni. Hatásos teljesítményt u_p feszültség harmonikus komponensek az azonos rendszámú áram komponenssel együtt szállítanak. Különböző frekvenciájú komponensek közösen nem szállítanak hatásos teljesítményt. A másik fontos megállapítás, hogy a teljesítmény nem csak az alap harmonikusok fáziskülönbségétől függ, hanem a páronként azonos rendszámú harmonikus kölcsönös fázishelyzetétől.

5.2.5 Effektív érték

Az előző fejezet végeredménye, az 5.22 kifejezés lehetővé teszi, hogy megadjuk periodikus de nem szinuszos jelek effektív értékét a komponenseinek ismeretében. Hétköznapi nyelven megfogalmazva a jel effektív értéke arra kérdésre ad választ, hogy *mekkora az a DC jel, mely adott R fogyasztón ugyanakkora teljesítményt ad le, mint a vizsgált jel.*

Lineáris, R ellenállású fogyasztón egy periodikus jel minden egyes komponense azonos fázisban van, és az áram- és feszültség komponensek effektív értékének aránya R . Ebben az esetben az ellenálláson leadott teljesítmény feszültség- és áramjelet vizsgálva:

$$P = \sum_p U_p \cdot I_p \cdot \cos(\varphi_p)$$

$$P = \frac{1}{R} \sum_p U_p^2$$

$$P = R \cdot \sum_p I_p^2$$

5.23. kifejezés.

Amiből az effektív értékek:

$$U = \sqrt{R \cdot P} = \sqrt{\sum_p U_p^2} \quad \text{és} \quad I = \sqrt{\frac{P}{R}} = \sqrt{\sum_p I_p^2}$$

5.24. kifejezés.

Az effektív érték tehát nem az egyes komponensek effektív értékének összege, hanem a négyzetek összegének négyzetgyöke (ebből származik az RMS rövidítés: Root Mean Square).

5.2.6 Általános periodikus eset, látszólagos- és meddő teljesítmény

A látszólagos teljesítmény a szinuszos esethez hasonlóan az effektív értékek szorzata, azaz megadja azt a maximális teljesítményt, amelyet adott feszültség és áram effektív érték mellett a hálózat leadhatna:

$$S = U \cdot I$$

5.25. kifejezés.

A teljesítmény tényező is ugyanaz, mint a szinuszos esetben:

$$\Theta = \frac{P}{S}$$

5.25. kifejezés

Az 5.26 kifejezésbe helyettesítve 5.22 és 5.25-öt látható, hogy ebben az esetben a teljesítmény tényező nem „koszfi”, annak ellenére, hogy a szinuszos esetben fennálló egyenlőség miatt a

köznyelv így nevezi:

$$\Theta = \frac{\sum_p U_p \cdot I_p \cdot \cos(\varphi_p)}{\sqrt{\sum_p \sum_q U_p^2 \cdot I_q^2}}$$

5.27. kifejezés.

Mivel a meddő teljesítménynek nincs olyan fizikai tartalma, mint a hatásos teljesítménynek, elgondolkodtató, hogy a szinuszos esetből hogyan lehetne általánosítani. Két definíció is létezik. Itt először a két módszer ismertetése és összevetése következik, majd a VERTESZ választásának indoklása, hogy milyen szempontok alapján döntött az egyik definíció alkalmazása mellett.

Meddő teljesítmény származtatása a látszólagos teljesítményből:

Mivel a VERTESZ készülékek nem ezen definíció szerint mérik a meddő teljesítményt, az így számolt értéket a továbbiakban Q' -vel fogom jelölni. Míg a következő pontban ismertetett definíció szerint számolt meddőt Q -val vesszõ nélkül.

Ezen definíció felharmonikusokat tartalmazó esetben is érvényesnek tekinti az 5.15 kifejezést, és a meddő teljesítményt ebből származtatja:

$$Q' = \sqrt{S^2 - P^2}$$

5.28. kifejezés.

Ennek a megoldásnak előnye, hogy könnyen számítható. Ezért alkalmazzák a legtöbb készülékben. Mivel ez a definíció inkább hagyományosnak tekinthető, mint a következő, a következőkben *hagyományos módon számolt* meddő teljesítményként fogok rá hivatkozni.

Meddő teljesítmény származtatása a hatásos teljesítmény kifejezéséből:

A meddő teljesítményt származtathatjuk a hatásos teljesítmény 5.22 kifejezéséből is:

$$Q = \sum_p U_p \cdot I_{xp} = \sum_p U_p \cdot I_p \cdot \sin(\varphi_p)$$

5.29. kifejezés.

E szerint csak az azonos rendszámú áram- és feszültség harmonikus párok vesznek részt a meddő teljesítmény értékében.

Hátránya a módszernek, hogy számítása (ha Fourier spektrum nem áll rendelkezésre, vagy a Fourier-ablak hosszánál rövidebb beállási időre van szükség) bonyolultabb, mint az előző definíció szerinti meddő teljesítménynek. A megfelelő algoritmus csak jelfeldolgozó processzorokon futtatható, és implementálásához jártasság szükséges a jelfeldolgozás elméletében.

A kétféle definíció szerinti meddő teljesítmény összevetése:

Nézzük meg a kétféle meddő teljesítmény különbségét:

$$Q'^2 - Q^2 = S^2 - P^2 - Q^2 = S^2 - (P^2 + Q^2)$$

5.30. kifejezés.

E kifejezés számításához S , P és Q négyzetére van szükségünk. A látszólagos teljesítmény:

$$S^2 = \sum_p \sum_q U_p^2 \cdot I_q^2$$

$$S^2 = \begin{matrix} U_1^2 \cdot I_1^2 & + & U_1^2 \cdot I_2^2 & + & \dots \\ U_2^2 \cdot I_1^2 & + & U_2^2 \cdot I_2^2 & + & \dots \\ \vdots & + & \vdots & + & \ddots \end{matrix}$$

5.31. kifejezés.

A következő néhány kifejezésben a $c_n = \cos(\varphi_n)$ és $s_n = \sin(\varphi_n)$ egyszerűsített jelöléseket fogom alkalmazni. A hatásos teljesítmény:

$$P^2 = \left(\sum_p U_p \cdot I_p \cdot c_p \right)^2$$

$$P^2 = \begin{matrix} U_1^2 \cdot I_1^2 \cdot c_1^2 & + & U_1 \cdot U_2 \cdot I_1 \cdot I_2 \cdot c_1 \cdot c_2 & + & \dots \\ U_2 \cdot U_1 \cdot I_2 \cdot I_1 \cdot c_2 \cdot c_1 & + & U_2^2 \cdot I_2^2 \cdot c_2^2 & + & \dots \\ \vdots & + & \vdots & + & \ddots \end{matrix}$$

5.32. kifejezés.

És végül a meddő teljesítmény:

$$Q^2 = \left(\sum_p U_p \cdot I_p \cdot s_p \right)^2$$

$$Q^2 = \begin{matrix} U_1^2 \cdot I_1^2 \cdot s_1^2 & + & U_1 \cdot U_2 \cdot I_1 \cdot I_2 \cdot s_1 \cdot s_2 & + & \dots \\ U_2 \cdot U_1 \cdot I_2 \cdot I_1 \cdot s_2 \cdot s_1 & + & U_2^2 \cdot I_2^2 \cdot s_2^2 & + & \dots \\ \vdots & + & \vdots & + & \ddots \end{matrix}$$

5.33. kifejezés.

Ez utóbbi kettő összege, kihasználva a következő két trigonometrikus összefüggést: $\cos^2(\varphi) + \sin^2(\varphi) = 1$ és $\cos(\varphi_p) \cdot \cos(\varphi_q) + \sin(\varphi_p) \cdot \sin(\varphi_q) = \cos(\varphi_p - \varphi_q)$. Ez utóbbit c_{pq} val jelölve:

$$P^2 + Q^2 = \begin{matrix} U_1^2 \cdot I_1^2 & + & U_1 \cdot U_2 \cdot I_1 \cdot I_2 \cdot c_{12} & + & \dots \\ U_2 \cdot U_1 \cdot I_2 \cdot I_1 \cdot c_{12} & + & U_2^2 \cdot I_2^2 & + & \dots \\ \vdots & + & \vdots & + & \ddots \end{matrix}$$

5.34. kifejezés.

Most visszatérve 5.30-höz, ezt az utolsó kifejezést kell kivonni S^2 -ből. 5.31 És 5.34 kifejezést összevetve látható, hogy az átlóban mindkét esetben $U_p^2 \cdot I_p^2$ van. Ezek a kivonás után eltűnnek. A különbség (szorzatok sorrendje kissé módosítva):

$$S^2 - (P^2 + Q^2) = \begin{matrix} 0 & + & (U_1 \cdot I_2)^2 - (U_1 \cdot I_2) \cdot (U_2 \cdot I_1) \cdot c_{12} & + & \dots \\ (U_2 \cdot I_1)^2 - (U_2 \cdot I_1) \cdot (U_1 \cdot I_2) \cdot c_{12} & + & 0 & + & \dots \\ \vdots & + & \vdots & + & \ddots \end{matrix}$$

5.35. kifejezés.

5.35 kifejezést kicsit átrendezve (átlóra szimmetrikus, azaz azonos p és q indexeket tartalmazó elemeket összevonva), definiáljuk D^2 értéket:

$$D^2 = S^2 - (P^2 + Q^2) = \sum_p \sum_{\substack{q \\ q > p}} (U_p \cdot I_q)^2 + (U_q \cdot I_p)^2 - 2 \cdot (U_p \cdot I_q) \cdot (U_q \cdot I_p) \cdot \cos(\varphi_p - \varphi_q)$$

5.36. kifejezés.

A szumma után levő kifejezés értéke nem negatív, mert $A^2 + B^2 - 2 \cdot A \cdot B \cdot \cos(\alpha)$ értéke biztosan $(A-B)^2$ és $(A+B)^2$ között van. Csak úgy lehet nulla, ha $A=B$ és $\cos(\alpha) = 1$ és. Ebből az következik, hogy D értéke csak abban az esetben nulla, ha minden $p-q$ párra:

$$\begin{aligned} U_p \cdot I_q &= U_q \cdot I_p \\ \frac{U_p}{I_p} &= \frac{U_q}{I_q} = K \\ \text{és} \quad \varphi_p &= \varphi_q \end{aligned}$$

5.37. kifejezés

A gyakorlatban ez csak úgy fordulhat elő, ha $K = R$ ellenállás, tehát $\varphi_p = 0$ minden p -re. D segítségével a következő összefüggések állíthatók fel:

$$\begin{aligned} Q'^2 &= Q^2 + D^2 \\ S^2 &= P^2 + Q^2 + D^2 \end{aligned}$$

5.38. kifejezés.

5.2.7 Teljesítmények összefoglalva

Az előző pontokban ismertetett teljesítmény jellemzők röviden összefoglalva:

P , hatásos teljesítmény:

A különböző teljesítmény jellemzők közül szigorúan véve csak ennek van valódi fizikai jelentése. Megadja a mérési ponton keresztül átáramló villamos teljesítményt.

S , látszólagos teljesítmény:

Megadja, hogy az adott effektív értékű feszültség és áramjel maximálisan mekkora teljesítményt szállíthatna. Tehát P ennél nagyobb nem lehet. Az előző alfejezetekben leírtakból belátható, hogy

$S = P$, ha minden egyes harmonikus pár között $\varphi_p = 0$ a fáziskülönbség és az áram és feszültség harmonikus párok aránya állandó ($U_p/I_p = R$). Tehát a fogyasztó tisztán rezisztív. Minden más esetben $S > P$. Ilyenkor vagy az áram, vagy a feszültség, vagy mindkettő effektív értéke nagyobb annál, mint amennyi az adott hatásos teljesítmény szállításához szükséges lenne.

Q' , meddő teljesítmény az itt hagyományosanak nevezett definíció szerint:

P és S közötti differenciára jellemző érték. Q' magába foglalja annak a hatását, hogy az egyes komponens párok között fáziskülönbség van, és az eltérő frekvenciájú áram és feszültség harmonikusok közös hatását.

Q , meddő teljesítmény a VERTESZ által preferált, hatásos teljesítmény számításával analóg definíció szerint:

Ez a mennyiség csak annak a hatását mutatja, hogy az egyes komponens párok között fáziskülönbség van.

D :

Rövid kutatás után nem találtam nevet erre a mennyiségre és tanulmányaimból sem emlékszem rá, hogy lenne általánosan elfogadott neve. De ez nem azt jelenti, hogy nincs neki. Mindenesetre ez a mennyiség az eltérő frekvenciájú áram és feszültség harmonikusok közös hatását jelzi.

5.2.8 Meddő teljesítmény mérése VERTESZ műszerekben

Az ezredforduló előtt tervezett VERTESZ távadók az akkor hozzáférhető 8 bites mikrokontrollerekkel készültek. Azokkal az eszközökkel esély sem lett volna a második definíció szerint mérni a meddő teljesítményt. Ráadásul a felharmonikusok és hatásaik sem voltak annyira a figyelem központjában, mint manapság.

A jelfeldolgozó processzorok (DSP) bevezetésekor merült fel a kérdés, hogy a két lehetőség közül melyiket válasszuk. A számítási korlát megszűnt. El kellett döntenie, hogy melyik hasznosabb a gyakorlatban. Az első DSP mérő algoritmusok implementálásakor (még egyetemista voltam) konzulensemme arra jutottunk, hogy a hatásos teljesítmény számításával analóg definíció szerint érdemes mérni a meddő teljesítményt. Ugyanis a műszerből kiolvasott S és P értékekből Q' továbbra is könnyen számítható egy kiolvasó szoftverrel, míg Q nem. Emellett az így mért meddő teljesítmény esetén a különbségből lehet következtetni arra, hogy az esetlegesen rossz teljesítmény tényezőnek mi az oka. Mert ha ez a különbség kicsi, akkor a reaktív fogyasztók okozzák a rossz teljesítmény tényezőt, adott esetben értelme lehet lineáris meddő kompenzációt alkalmazni. Ha a különbség nagy, akkor a harmonikus torzítás (is) az oka a rossz teljesítmény tényeznek. Tehát Q mérése Q' helyett plusz információt ad.

6. Jótállás, szerviz

Vertesz elektronika 12 hónapos jótállás vállal az eladási dátumtól kezdve.

Javítást, átalakítást, szervizelést VERTESZ elektronika végzi. A bejelentést (1) 248-2340 telefonon, (1) 248-1235 faxon vagy vertesz@vertesz.hu e-mailbe fogadjuk.