



RAPPORT

utfärdad av ackrediterat laboratorium/REPORT issued by an Accredited Laboratory



Pendulum Instruments AB
Sorterargatan 26
162 15 VÄLLINGBY

Handläggare, enhet / <i>Handled by, department</i>	Datum / <i>Date</i>	Beteckning / <i>Reference</i>	Sida / <i>Page</i>
Kenneth Jaldehag, Fysik och Elteknik +46 (0)33 16 50 00, kenneth.jaldehag@sp.se	2000-09-04	FEmF016992	1 (8)

Verifiering av GPS-kontrollerad frekvensstandard, Pendulum Modell GPS89 (serienummer 758602)

Inledning

GPS89 har verifierats med avseende på noggrannhet och stabilitet för två olika signalutgångar, dels utgången för 1-s pulser som direkt baseras på GPS-signalen (nedan kallad GPS 1-pps), dels 10 MHz-utgången som baseras på den interna rubidiumnormalen (nedan kallad Rb 10-MHz) och vars frekvens styrs mot GPS-signalen.

GPS89 har verifierats relativt Sveriges nationella tidsskala UTC(SP) som baseras på en Cesiumnormal och är spårbar till UTC. Spårbarheten för UTC(SP) verifieras kontinuerligt genom det internationella samarbete som koordineras av den Internationella Byrån för Mått och Vikt, BIPM, i Sevres, Frankrike.

Spårbarheten till UTC för GPS89 diskuteras i slutet av rapporten.

Installation

GPS-mottagaren installerades vid Riksmätplatsen för tid och frekvens vid SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut, Borås. Riksmätplatsens GPS-antenn användes.

Mätmetod

För att verifiera signalerna från GPS89 har tidintervallmätningar gjorts. Mätningarna är gjorda dels med Riksmätplatsens egna mätprogram med tillhörande utrustning, dels med hjälp av den använda frekvensräknarens (FLUKE 6681R) medföljande programvara TimeView™. Frekvensräknarens tidbas var samma Cesiumnormal som UTC(SP) baseras på.

Vid alla mätningar startades tidintervallmätningen på UTC(SP) och stoppades med GPS 1-pps eller Rb 10-MHz.

Resultat

Verifiering av GPS 1-pps

Mätning 1:

Vid denna mätning uppmättes GPS 1-pps relativt UTC(SP). En mätning var tionde minut gjordes under drygt två veckor. Figur 1 visar tidsdifferensen UTC(SP) - GPS 1-pps. Standardavvikelsen är ca 30 ns och medelavvikelsen ca 690 ns. Om vi kompenserar för tidsfördröjningen i antennkabeln (ca 320 ns), i kabeln till räknaren (ca 40 ns) och för tidsdifferensen UTC(SP) - UTC (ca 330 ns), får man fram ett värde på UTC - GPS 1-pps på ca 0 ns. Osäkerheten i dessa beräkningar uppskattas till ca ± 50 ns.

Figurerna 2 och 3 visar relativ frekvens mellan UTC(SP) och GPS 1-pps baserade på data i Figur 1, för 10-m respektive 24-h medelvärden. För 10-m medelvärden (se Figur 2) ligger den relativa frekvensen inom ca $\pm 1,5E-10$. Motsvarande siffra för 24-h medelvärden (se Figur 3) är ca $\pm 1,0E-12$. (Ett positivt värde på den relativa frekvensen innebär att frekvensen för signalen från GPS89 är högre än frekvensen för UTC(SP).)

Figur 9 visar Allanavvikelsen för data i Figur 1. Allanavvikelsen vid 10-m medelvärdetid ligger på ca $8,7E-11$ och på ca $6,1E-13$ vid 24-h medelvärdetid. Lutningen på kurvan visar att mätvärdena domineras av fasbrus från GPS-signalen.

Mätning 2:

Vid denna mätning uppmättes GPS 1-pps relativt UTC(SP). En mätning per sekund gjordes under 100 s. Figur 4 visar tidsdifferensen UTC(SP) - GPS 1-pps minus medelavvikelsen. Standardavvikelsen är ca 30 ns. I figuren ser vi att GPS 1-pps har en sågtands-karaktär med en period på ca 5 s och en amplitud på ca ± 50 ns. Detta beteende är deterministiskt och kan kompenseras för vid behov genom korrektionsvärden från GPS-mottagaren.

Verifiering av Rb 10-MHz

Vid denna mätning uppmättes Rb 10-MHz relativt UTC(SP). Fasdifferenser (angivna i sekunder) uppmättes för tre olika tidintervaller: 1 s under knappt två timmar, 10 s under ca 17 timmar och 10 minuter under ca 10 dagar. (Vid 10 minuters tidintervall uppmättes UTC(SP) relativt signal på Rb 1-pps utgång, vilken är nerdelad från Rb 10-MHz signal.) Figurerna 5, 6, respektive 7 visar uppmätta fasdifferenser. Vid den sistnämnda mätningen sattes GPS89 i hold-over mode efter några dagar. Detta innebär att den interna rubidiumnormalen ej längre låstes (styrdes) till GPS-signalen. Efter ytterligare några dagar låstes Rb 10-MHz åter till GPS.

Figur 8 visar relativ frekvens mellan UTC(SP) och Rb 10-MHz baserade på data i Figur 7, för 24-h medelvärden. För 24-h medelvärden visar Figur 8 att den relativa frekvensen ligger inom ca $\pm 5E-13$ när rubidiumnormalen är låst till GPS. Efter ca 3 dagar med hold-over mode ligger den relativa frekvensen på ca $+2,5E-12$. Efter det att signalen åter låstes till GPS, tog det ca 24 timmar för att åter hamna inom $\pm 5E-13$. (Ett positivt värde

på den relativa frekvensen innebär att frekvensen för signalen från GPS89 är högre än frekvensen för UTC(SP).)

Figur 8 visar också den relativa frekvensen mellan GPS och Rb 10-MHz. Dessa data är hämtade från den interna monitoreringsfunktionen i GPS89 som kontinuerligt monitorerar och lagrar relativa frekvensdata mellan GPS och den interna rubidiumnormalen. Figuren visar att de två mätserierna överensstämmer inom ca $\pm 5 \cdot 10^{-13}$ vilken är den upplösning som erhålles från GPS vid en medelvärdestid på ca 24 h (se Figur 9).

Figur 9 visar Allanavvikelsen för data i Figurerna 5 och 6. Tabellen nedan visar Allanavvikelsen för olika medelvärdestider baserade på data i Figurerna 5 och 6, samt specifikationen för GPS89. För mättider upp till ca 100 s domineras jämförelsen av fasbrus från bl a mätningen. För mättider mellan 100 s och 5000 s domineras mätningen av frekvensbrus från rubidiumnormalen. För mättider över 5000 s ses en tendens till frekvensdrift i rubidiumnormalen.

τ /s	Allanavvikelse	Specifikation
1	5,2E-11*	3,0E-11
10	1,0E-11	1,0E-11
100	1,4E-12	3,0E-12
1 000	2,8E-13	1,0E-12
10 000	1,8E-13	-

* Mätssystemets upplösning är ca $\pm 5 \cdot 10^{-11}$

Spårbarhet

Med spårbarhet menas en obruten kedja av dokumenterade jämförelsemätningar mellan referens och mätobjekt. Inom området tid och frekvens är referensen UTC eller någon nationell tidsskala som är spårbar till UTC, t ex UTC(SP).

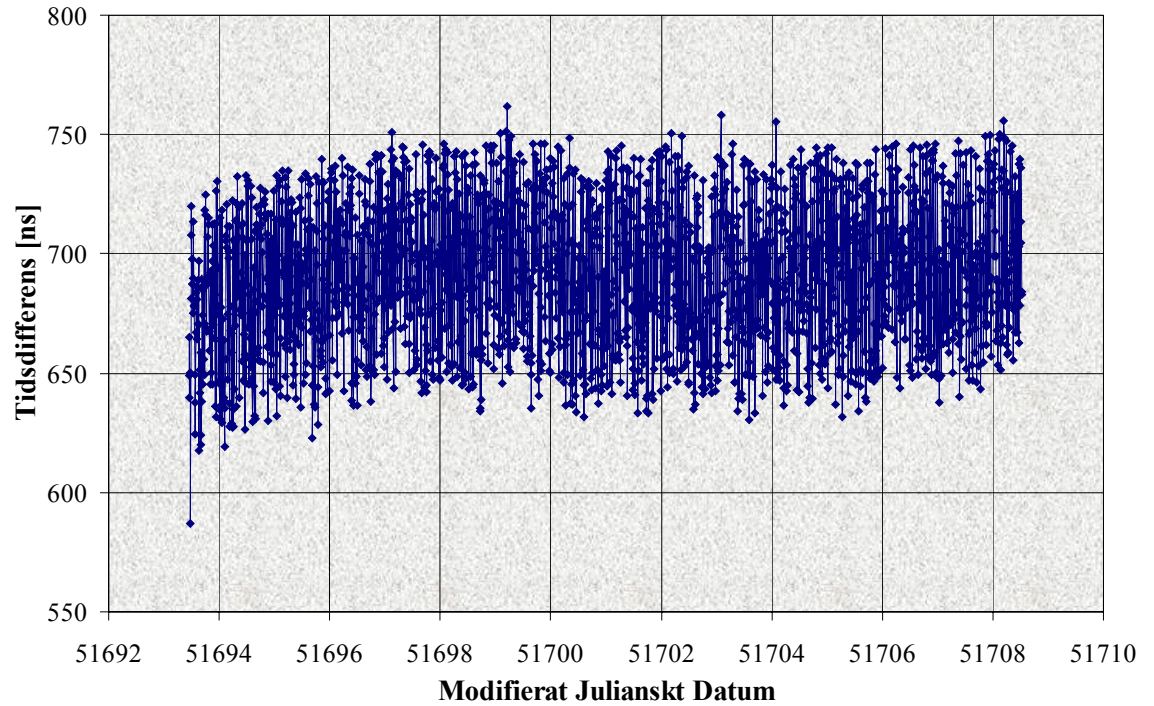
Spårbarheten för 10-MHz utgången på GPS89 är garanterad genom den kontinuerligt dokumenterade kedjan Rb 10-MHz -> GPS -> UTC(USNO) -> (UTC eller UTC(SP)). För Rb 10-MHz -> GPS genom den interna dokumenteringsfunktionen, för GPS -> UTC(USNO) genom dokumentation från USNO (United States Naval Observatory) på t ex http://192.5.41.239/gps_datafiles.html, och för UTC(USNO) -> (UTC eller UTC(SP)) genom BIPMs Circular T på t ex <ftp://62.161.69.5/pub/tai/publication/>.

SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut

Håkan Nilsson
Tekniskt ansvarig

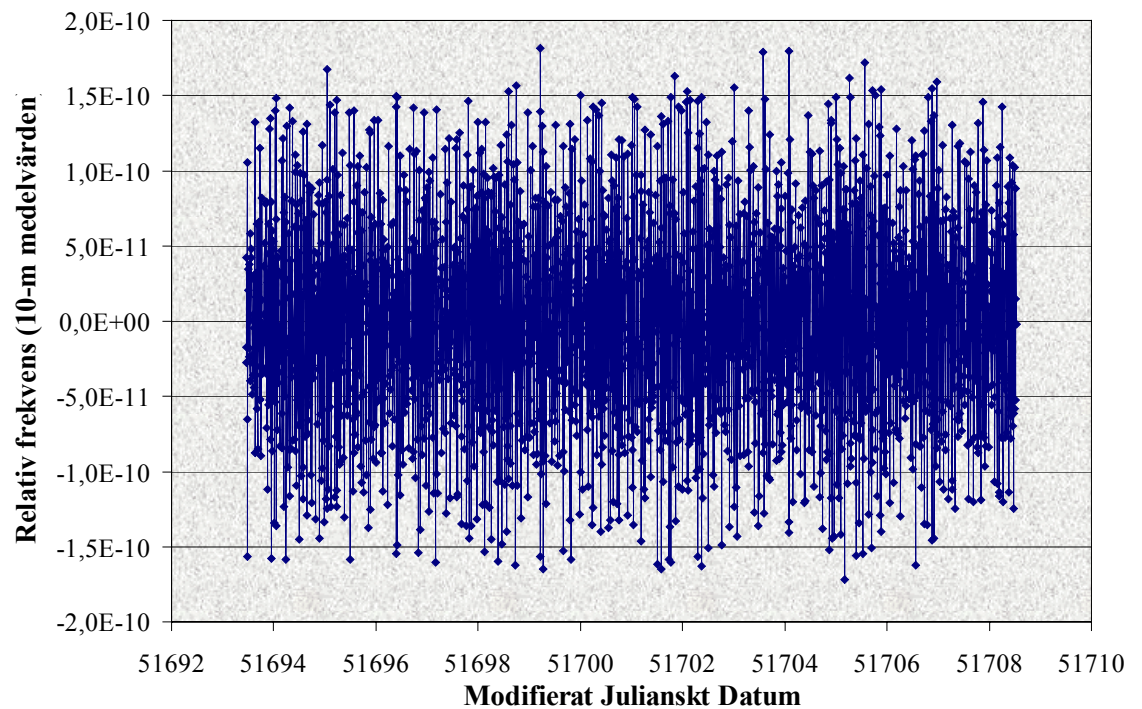
Kenneth Jaldehag
Teknisk handläggare

UTC(SP) - GPS 1-pps



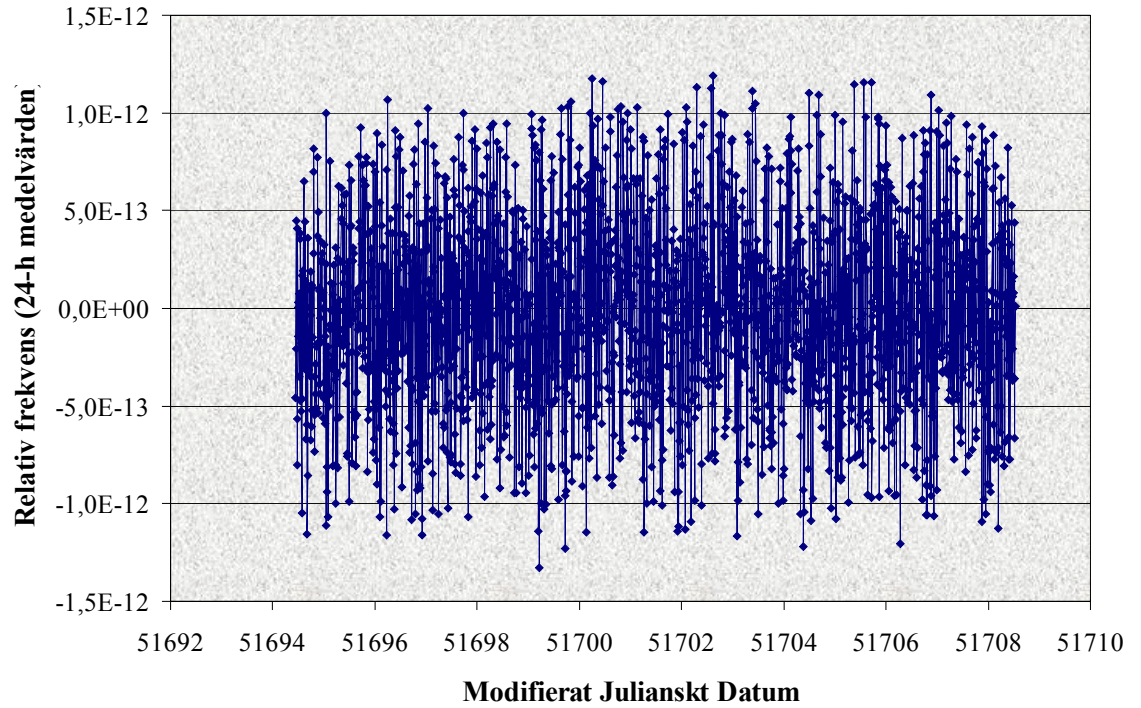
Figur 1: Uppmätt tidsdifferens mellan UTC(SP) och GPS 1-pps + bias

UTC(SP) - GPS 1-pps



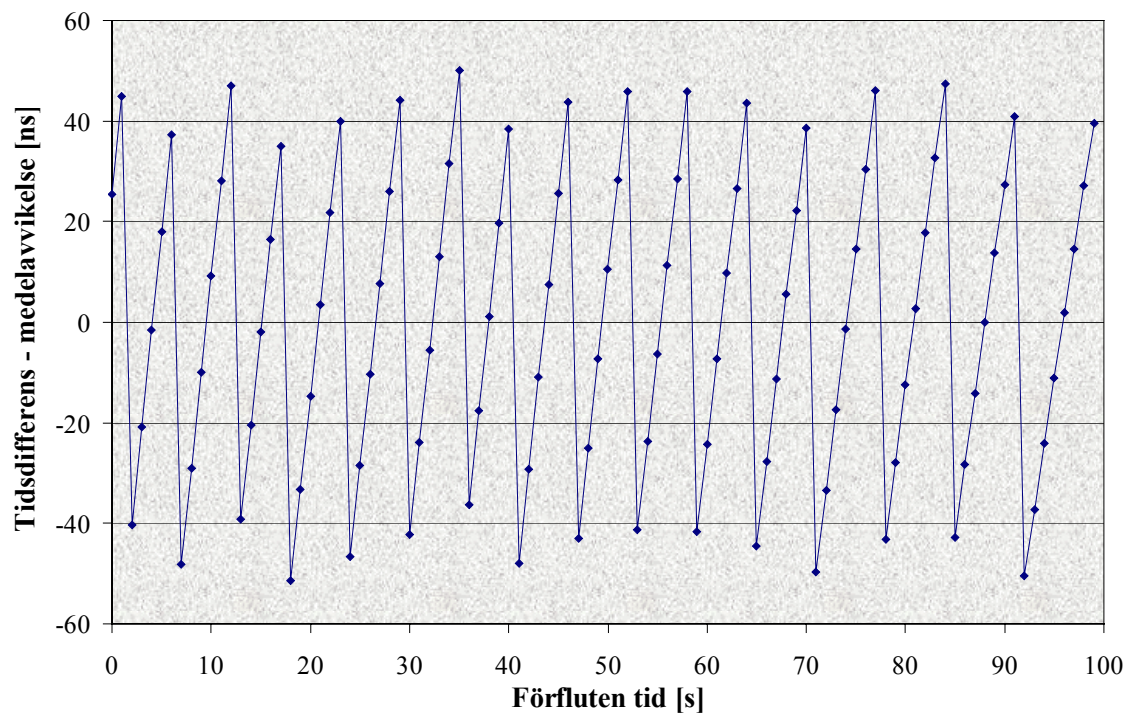
Figur 2: Relativ frekvens mellan UTC(SP) och GPS 1-pps (10-m medelvärden)

UTC(SP) - GPS 1-pps



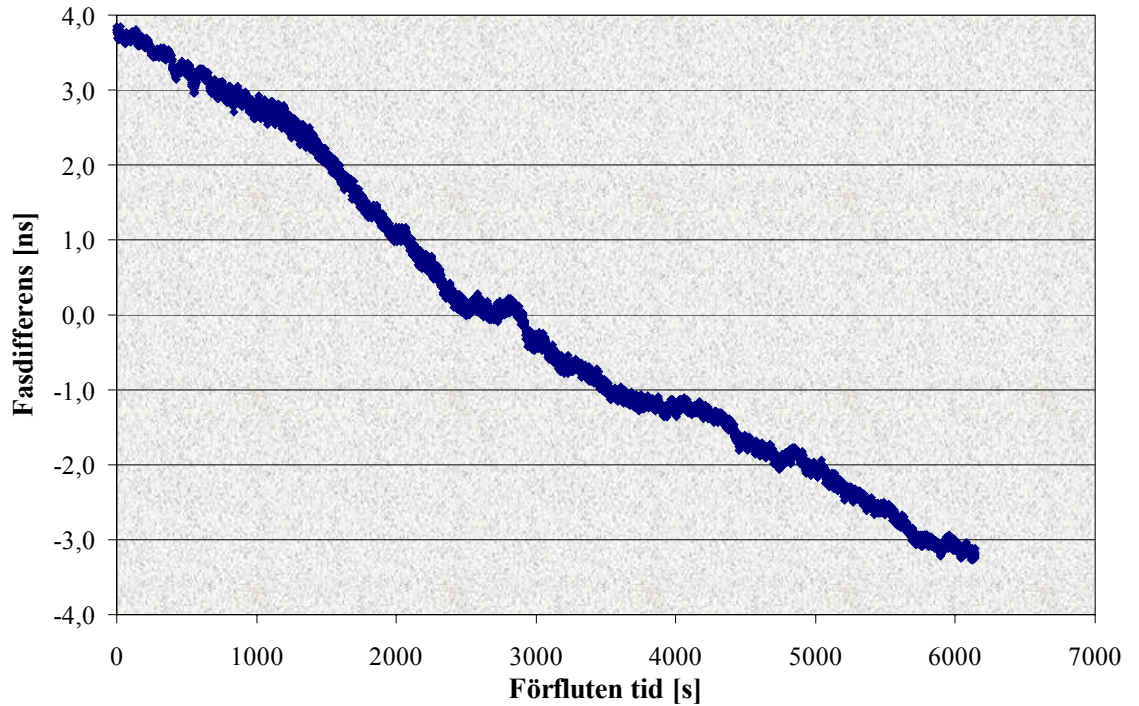
Figur 3: Relativ frekvens mellan UTC(SP) och GPS 1-pps (24-h medelvärden)

UTC(SP) - GPS 1-pps



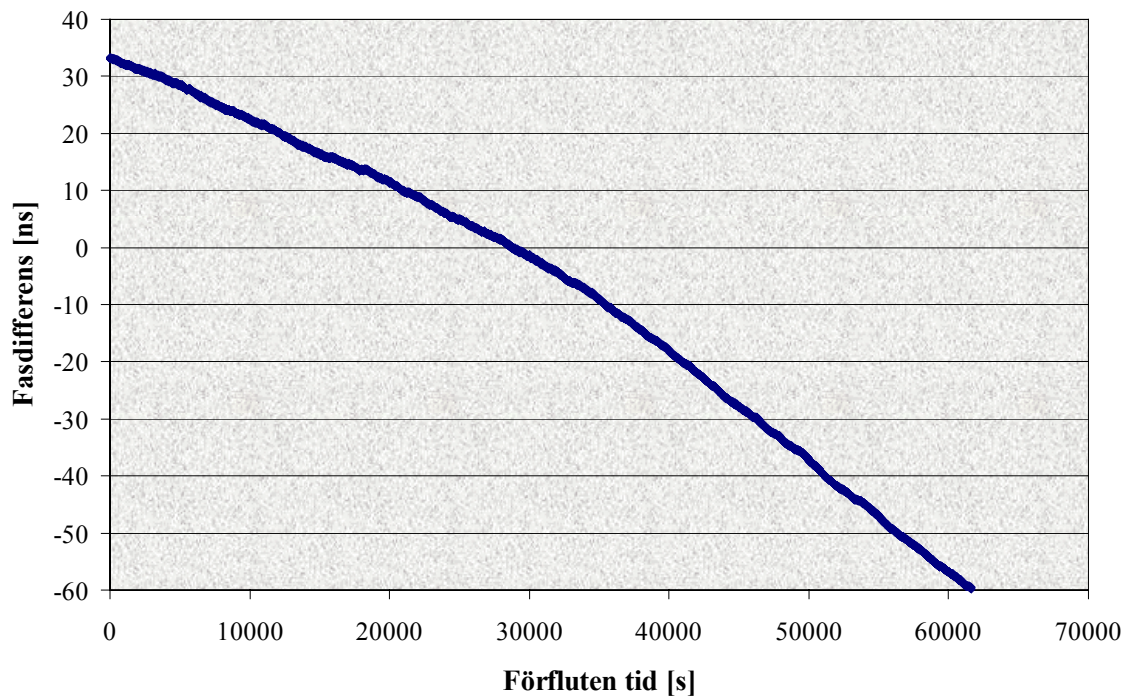
Figur 4: Uppmätt tidsdifferens mellan UTC(SP) och GPS 1-pps - medelavvikelse

UTC(SP) - Rb 10-MHz

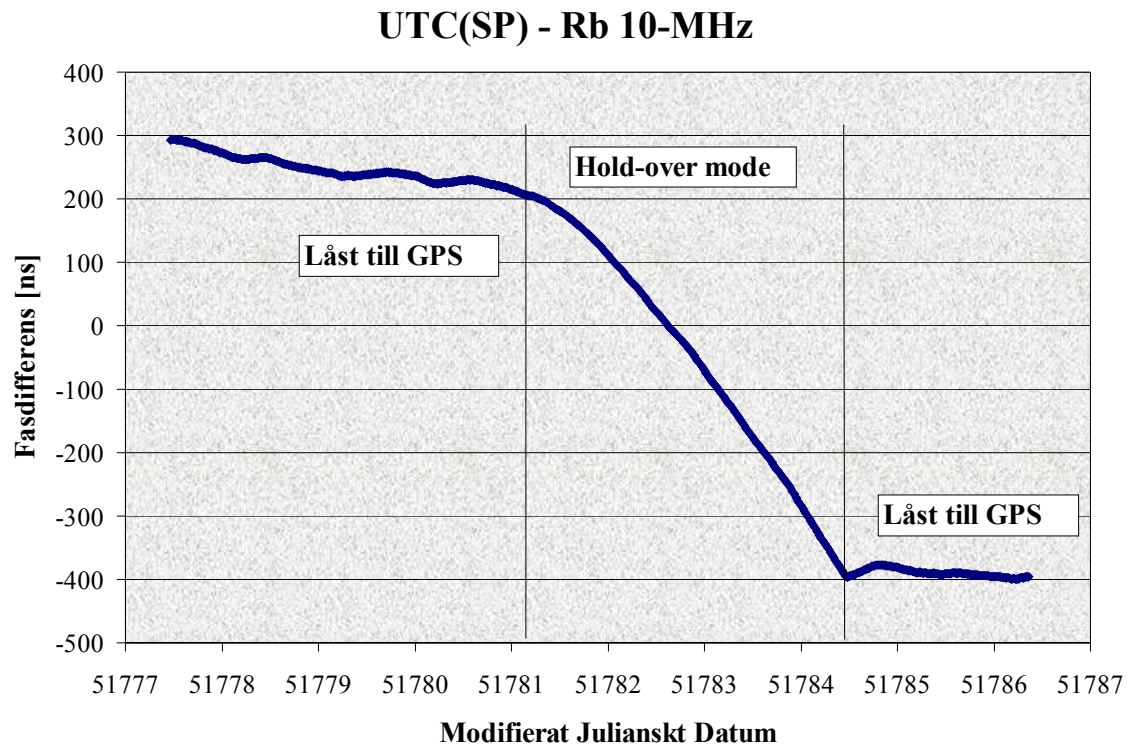


Figur 5: Fasdiffere ns mellan UTC(SP) och Rb 10-MHz (1-s data)

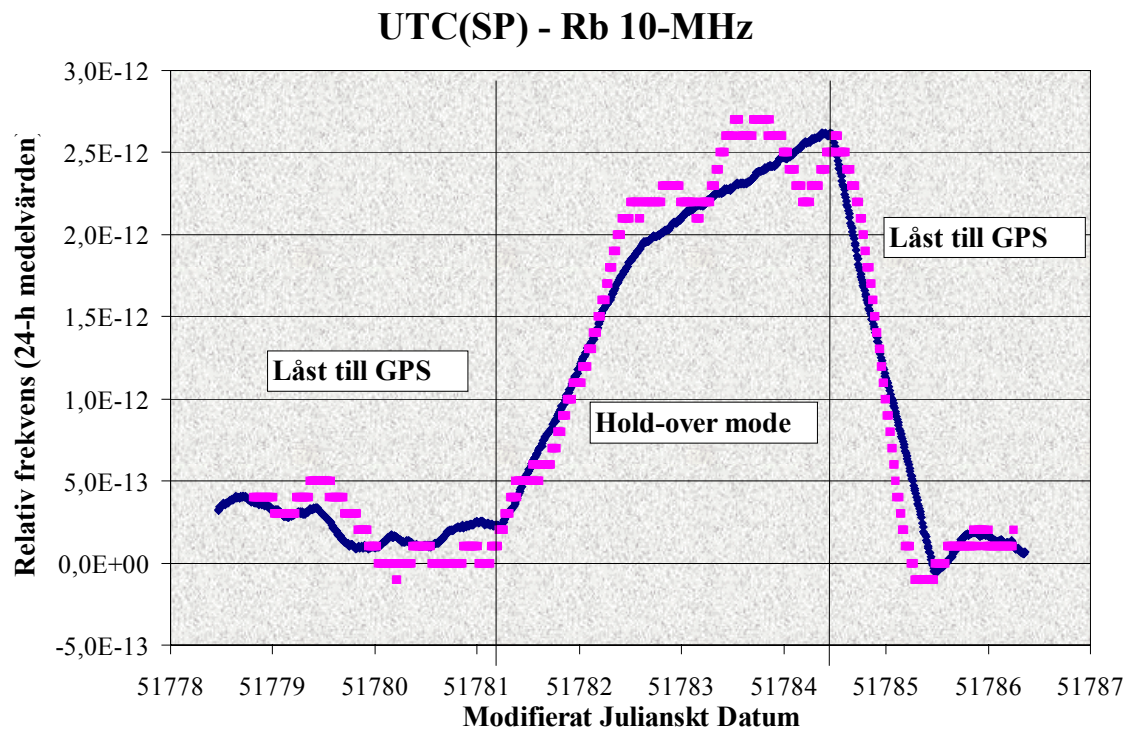
UTC(SP) - Rb 10-MHz



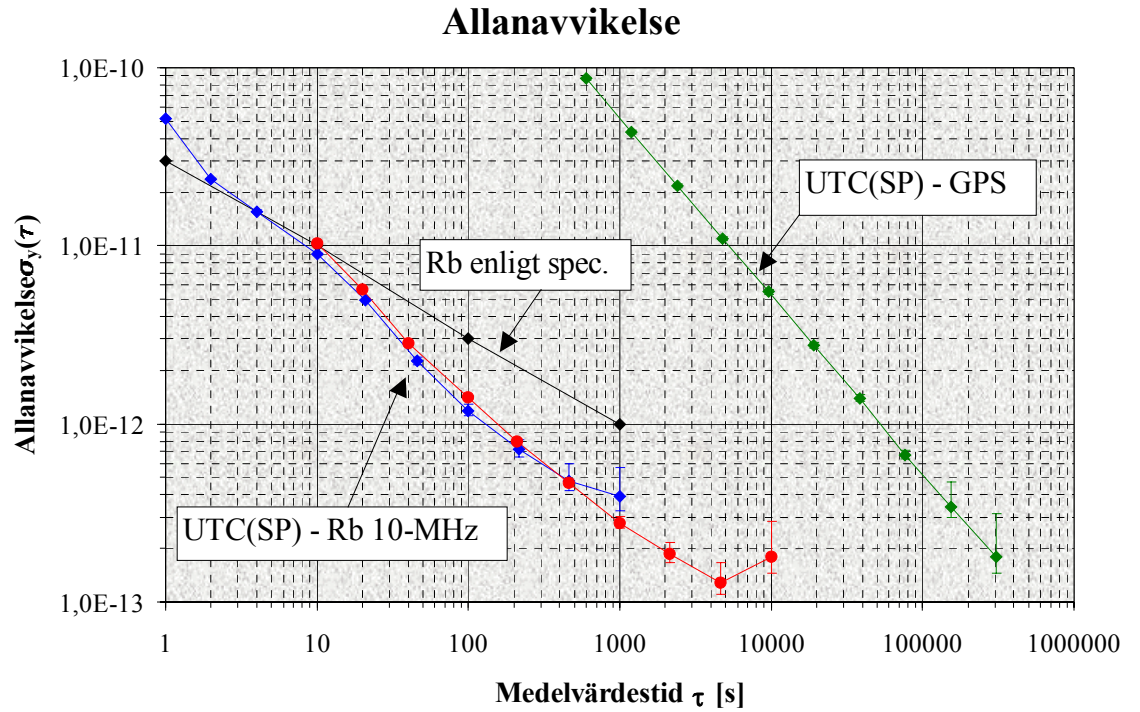
Figur 6: Fasdiffere ns mellan UTC(SP) och Rb 10-MHz (10-s data)



Figur 7: Fasdifferens mellan UTC(SP) och Rb 10-MHz (10-m data)



Figur 8: Relativ frekvens för (mörkblå) UTC(SP) - Rb 10-MHz och (lila) GPS - Rb 10-MHz, (24-h medelvärden)



Figur 9: Allanavvikelse för data i Figurerna 1 (grön), 5 (blå) och 6 (röd), samt enligt spec.