

Linking the Results of Key Comparison CCEM-K5 and EURAMET.EM-K5.1 - Comparison of 50/60 Hz Power -

March 2011

Introduction

In the beginning of the EURAMET.EM-K5.1 Key Comparison, PTB was proposed to be the linking NMI for the linking process between CCEM-K5 and the EURAMET.EM-K5.1. Since it was the only laboratory which participated in both comparisons, it was asked if its results should be used to link the comparison results and, if so, to provide a 1- σ estimate of the uncertainty corresponding to the imperfect *reproducibility* ([1], definition 2.25/3.7) of its measurements during the time including its measurements for the two comparisons. To make a better link, the uncertainty of the mean of the measurements of PTB¹ during the EURAMET.EM-K5.1 was used corresponding to the imperfect reproducibility.

The link between the comparisons of 50/60 Hz power conducted by the Consultative Committee for Electricity and Magnetism (CCEM) from 1996 to 2000 (CCEM-K5) and by the European Association of National Metrology Institutes (EURAMET) from 2003 to 2008 (EURAMET.EM-K5.1, Project no 687) is carried out following the example given by F. Delahaye and T.J. Witt [2] as followed by the previous comparison [3].

Both comparisons – CCEM-K5 and EURAMET.EM-K5.1 – cover the same range of AC power measurements, and as the report for the EURAMET.EM-K5.1 comparison was written after the report CCEM-K5 was published, it follows the same internal structure. The input data for the proposed link is taken from [4] for CCEM-K5 and from [5] for EURAMET.EM-K5.1. In both cases, the data used for the linking process are listed in Table 3: Differences and Combined Standard Uncertainties in $\mu\text{W}/\text{VA}$.

Model used for the linking process

The key comparison reference value (KCRV), derived from CCEM-K5, is used as the reference value. Results and uncertainties from CCEM-K5 are unaltered by the linking procedure. The following notation is used:

D_c : result from CCEM-K5 for the linking laboratory;

D'_c : result from EURAMET.EM-K5.1 for the linking laboratory;

D'_e : result from a laboratory participating in EURAMET.EM-K5.1 comparison only.

The linking process consists of evaluating the correction d to apply to D'_e so that the corrected result D_e represents the best estimate of what would have been the result from laboratory e had it actually participated in CCEM-K5.

¹ There were no changes on the measurement setup or method of PTB in the period between the CCEM-K5 measurements and the EURAMET.EM-K5.1 measurements.

$$D_e = D'_e + d$$

The quantity $d_c = D_c - D'_c$ provides an estimate of $d = D_e - D'_e$ because it is assumed that any possible bias in the results of laboratory c remains reasonably constant over the time period.

s_c , the uncertainty associated with d_c , is given by $s_c^2 = t_c^2 + t'_c{}^2 + 2r_c^2$ and where t_c is the transfer uncertainty in the CCEM comparison, t'_c is the transfer uncertainty in the EURAMET.EM-K5.1 comparison, and r_c is the uncertainty associated with the imperfect reproducibility of the results of PTB in the time period spanning its two measurements (whence the factor of 2) in the CCEM-K5 and EURAMET.EM-K5.1 comparisons.

Results

Table 1 lists the elements entering into the calculation of d for the five different power factors. t_c is the uncertainty (k=2) of linking NMI (PTB) given in the CCEM-K5 final report (Table 4. Differences and Combined Standard Uncertainties in $\mu\text{W}/\text{VA}$). t'_c is the uncertainty (k=2) of linking NMI (PTB) given in the EURAMET.EM-K5.1 report (Table 4). r_c is standard uncertainty (k=2) of the linking NMI results calculated from the six measurement values in EURAMET.EM-K5.1. And, d equals to d_c since there is only one linking NMI.

Tables 2.1 to 2.5 list the elements entering into the calculation of D_e and its uncertainty σ_e for $k = 2$. The four uncertainty components are the uncertainty of the reference value in CCEMK5, s_{ref} , the uncertainty of d , s_d , the transfer uncertainty in the EURAMET.EM-K5.1 comparison, t'_e , and the laboratory measurement uncertainty in EURAMET.EM-K5.1 comparison, σ'_e . t'_e values are equal to the corresponding $s_{(j)}$ values calculated and given in the “The Drift Effect” part of the comparison report.

In Table 3 the differences and expanded standard uncertainties with respect to the CCEMK5 key-comparison reference values are listed for all CCEM-K5 participants and all EURAMET.EM-K5.1 participants.

Tables 4.1 to 4.5 serve as intermediate steps in calculating uncertainties in the degrees of equivalence between pairs of laboratories. Three categories are formed: (1) laboratories that participated in the EURAMET.EM-K5.1 comparison, including the linking laboratory; (2) laboratories that participated in the EURAMET.EM-K5.1 comparison only; and (3) laboratories that participated only in the CCEM comparison. In these Tables, D'_e are the differences of all EURAMET.EM-K5.1 participants with respect to the EURAMET-CRV, D_e are the differences of those NMIs, who only participated in the EURAMET.EM-K5, with respect to the CCEM comparison ($D_e = D'_e + d$), and D_{CCEM} are the differences of those NMIs, who only participated in the CCEM-K5, with respect to the CCEM comparison; and U_E and U_{CCEM} are the uncertainties reported by the laboratories in the two comparisons, respectively, and include neither the uncertainties in the reference values nor the uncertainties associated with transportation.

Tables 5.1 to 5.5 show the proposed tables of bilateral equivalences, with uncertainties for $k = 2$, between any laboratory i amongst the 26 participating laboratories and any laboratory j amongst the 11 laboratories who participated in EURAMET.EM-K5.1 only. The elements entering into the uncertainty in the degree of equivalence for any pair of NMIs take into account the categories to which each NMI belongs. Notice that the D_{ij} are calculated differently depending on whether or not both laboratories participated to the EURAMET.EM-K5.1 comparison.

For example, the degree of equivalence between the PTB and the UME, a pair of laboratories who participated in the EURAMET.EM-K5.1 comparison, is calculated by subtracting the UME result with respect to the reference value in EURAMET.EM-K5.1, Table 4.1 column 2, 0,2, from the PTB result with respect to the reference value in EURAMET.EM-K5.1, Table 4.1 column 2, 0,5; $0,5 - 0,2 = 0,3$.

The uncertainty for the PTB and that for the UME are the quadrature sums of the elements in the corresponding row of Table 4.1, columns 5, 6 and 7, i.e. the total uncertainties in the EURAMET.EM-K5.1 comparison. (A convenient notation for the quadrature sum of n uncertainties v_1, v_2, \dots, v_n is $Q(v_1, v_2, \dots, v_n) = \sqrt{v_1^2 + v_2^2 + \dots + v_n^2}$). The quadrature sum of the uncertainties associated with the PTB and the UME is the uncertainty in the degree of equivalence, 25,0.

A second example that illustrates the calculation of the value and uncertainty in the degree of equivalence between an NMI that participated only in the EURAMET.EM-K5.1 comparison with an NMI that participated only in the CCEM comparison is the pair NIST and UME. The entry in column 2 of Table 5.1 for this pair of laboratories is calculated by subtracting the UME result referenced to the KCRV from Table 4.1, column 3 from the NIST result obtained in the CCEM comparison, Table 4.1, column 4; $-7,0 - (-0,3) = -6,7$.

The uncertainty of the NIST value is the quadrature sum of the uncertainty reported by the NIST for the CCEM comparison and the transfer uncertainty for the CCEM comparison. This quadrature sum is given in Table 4.1, column 12. This, added in quadrature with the uncertainty for the UME given in Table 4.1, column 7 and with the uncertainty in the difference d given in Table 4.1 column 8, gives the uncertainty in the degree of equivalence, 29,2.

Finally, the data in Tables 2.x and 5.x are used to complete the previously published matrix of equivalence and uncertainties for CCEM-K5 which, of course will not be changed by the EURAMET.EM-K5.1 results. Tables 6.1 to 6.5 show these full completed matrices for the 26 participating laboratories. The degrees of equivalence with respect to the KCRV from CCEM-K5 ($D_{i,KCRV}$ and $U_{D_{i,KCRV}}$ in Table 3) are also shown under the form of a graph (Figures 1 to 5).

Conclusion

The procedure proposed by F. Delahaye and T.J. Witt [2] and followed by the pilot lab of the previous comparison [3] has been accepted by the CCEM, and it is hoped that this will be also the case for this link between CCEM-K5 and EURAMET.EM-K5.1. As the number of total participants (26) is rather high, the full matrices of equivalence (Tables 6.1 to 6.5) are not too good readable when printed on A4 paper. Therefore, the main results of the linking procedure can be taken from Table 3: Differences and Expanded Uncertainties with respect to the KCRV, and from the graphs, Figures 1 to 5.

References

- [1] *International Vocabulary of Metrology – Basic and General Concepts and Associated Terms (VIM)*, ISO/IEC Guide 99: 2007
- [2] F. Delahaye, T. J. Witt, *Linking the Results of Key Comparison CCEM-K4 with the 10 pF Results of EUROMET Project 345*, Metrologia, vol. 39, Tech. Suppl. 01005, 2002
- [3] Rainer Bergeest, *Final report on EURAMET.EM-K5: Comparison of 50/60 Hz power (EUROMET project 385)*, Metrologia, vol. 44, Tech. Suppl. 01001, 2007
- [4] N. Oldham, T. Nelson, H.F. Zhang, H. Liu, *Final Report CCEM-K5 Comparison of 50/60 Hz Power*, Metrologia vol. 40, no. 1A, Tech. Suppl. 01003, 2003
- [5] *Final Report EURAMET.EM-K5.1 Comparison of 50/60 Hz Power*, to be published

Table 1 Values and uncertainties, for $k=2$, associated with the linking laboratory (PTB), calculation of d .

Power Factor	$D_d/10^{-6}$	$D'_d/10^{-6}$	$d_d/10^{-6}$	$t_d/10^{-6}$	$t'_d/10^{-6}$	$r_d/10^{-6}$	$s_d/10^{-6}$	$d/10^{-6}$
1,0	0,0	0,5	-0,5	10,0	5,0	2,8	11,9	-0,5
0,5 lead	-7,0	-0,1	-6,9	10,0	5,4	1,6	11,6	-6,9
0,5 lag	12,0	0,2	11,8	10,0	5,3	1,4	11,5	11,8
0,0 lead	-4,0	-0,9	-3,1	12,0	4,9	1,2	13,1	-3,1
0,0 lag	7,0	0,7	6,3	11,0	4,6	0,7	12,0	6,3

Table 2.1 to 2.5 Values, component uncertainties, for $k=2$, and total uncertainties for NMIs which participated only in EURAMET.EM-K5.1. In bold are the values and uncertainties for the results for these NMIs referenced to the CCEM-K5 KCRV.**Table 2.1** Power Factor: 1,0 $d_d/10^{-6} = -0,5$

Lab	$D'_e/10^{-6}$	$D_e/10^{-6}$	$s_{ref}/10^{-6}$	$s_d/10^{-6}$	$t'_e/10^{-6}$	$\sigma'_e/10^{-6}$	$\sigma_e/10^{-6}$
UME	0,2	-0,3	6,4	11,9	7,1	20,0	25,2
BIM	-13,5	-14,0	6,4	11,9	7,1	72,0	73,6
SMU	16,5	16,0	6,4	11,9	7,1	58,0	60,0
OMH	8,2	7,7	6,4	11,9	7,1	62,0	63,9
INM	24,7	24,2	6,4	11,9	7,1	82,0	83,4
DMDM	23,6	23,1	6,4	11,9	7,1	46,0	48,5
MIKES	6,8	6,3	6,4	11,9	7,1	32,0	35,5
VSL	-14,7	-15,2	6,4	11,9	7,1	12,0	19,4
NPLI	-14,7	-15,2	6,4	11,9	7,1	80,0	81,4
LNE	5,2	4,7	6,4	11,9	7,1	28,0	31,9
UMTS	18,2	17,7	6,4	11,9	7,1	30,0	33,7

Table 2.2 **Power Factor: 0,5 Lead** $d_d/10^{-6} = -6,9$

Lab	$D'_e/10^{-6}$	$D_e/10^{-6}$	$s_{ref}/10^{-6}$	$s_d/10^{-6}$	$t'_e/10^{-6}$	$\sigma'_e/10^{-6}$	$\sigma_e/10^{-6}$
UME	1,1	-5,8	6,7	11,6	3,9	20,0	24,4
BIM	9,1	2,2	6,7	11,6	3,9	94,0	95,0
SMU	25,1	18,2	6,7	11,6	3,9	60,0	61,6
OMH	-4,6	-11,5	6,7	11,6	3,9	60,0	61,6
INM	31,7	24,8	6,7	11,6	3,9	82,0	83,2
DMDM	23,5	16,6	6,7	11,6	3,9	38,0	40,5
MIKES	7,2	0,3	6,7	11,6	3,9	26,0	29,5
VSL	-15,9	-22,8	6,7	11,6	3,9	18,0	22,8
NPLI	10,1	3,2	6,7	11,6	3,9	66,0	67,5
LNE	2,1	-4,8	6,7	11,6	3,9	18,0	22,8
UMTS	-47,4	-54,3	6,7	11,6	3,9	92,0	93,0

Table 2.3 **Power Factor: 0,5 Lag** $d_d/10^{-6} = 11,8$

Lab	$D'_e/10^{-6}$	$D_e/10^{-6}$	$s_{ref}/10^{-6}$	$s_d/10^{-6}$	$t'_e/10^{-6}$	$\sigma'_e/10^{-6}$	$\sigma_e/10^{-6}$
UME	-2,5	9,3	6,6	11,5	3,3	20,0	24,2
BIM	-13,8	-2,0	6,6	11,5	3,3	98,0	98,9
SMU	-4,8	7,0	6,6	11,5	3,3	60,0	61,5
OMH	-3,1	8,7	6,6	11,5	3,3	60,0	61,5
INM	-4,0	7,8	6,6	11,5	3,3	82,0	83,1
DMDM	34,5	46,3	6,6	11,5	3,3	38,0	40,4
MIKES	-0,3	11,5	6,6	11,5	3,3	26,0	29,4
VSL	-15,8	-4,0	6,6	11,5	3,3	18,0	22,6
NPLI	-1,8	10,0	6,6	11,5	3,3	66,0	67,4
LNE	3,2	15,0	6,6	11,5	3,3	18,0	22,6
UMTS	64,7	76,5	6,6	11,5	3,3	92,0	93,0

Table 2.4 **Power Factor: 0,0 Lead** $d_d/10^{-6} = -3,1$

Lab	$D'_e/10^{-6}$	$D_e/10^{-6}$	$s_{ref}/10^{-6}$	$s_d/10^{-6}$	$t'_e/10^{-6}$	$\sigma'_e/10^{-6}$	$\sigma_e/10^{-6}$
UME	-5,6	-8,7	6,3	13,1	3,3	20,0	24,9
BIM	22,5	19,4	6,3	13,1	3,3	104,0	105,1
SMU	7,6	4,5	6,3	13,1	3,3	62,0	63,8
OMH	-15,4	-18,5	6,3	13,1	3,3	60,0	61,8
INM	25,9	22,8	6,3	13,1	3,3	82,0	83,3
DMDM	-5,5	-8,6	6,3	13,1	3,3	36,0	39,0
MIKES	2,6	-0,5	6,3	13,1	3,3	24,0	28,2
VSL	6,8	3,7	6,3	13,1	3,3	20,0	24,9
NPLI	14,8	11,7	6,3	13,1	3,3	62,0	63,8
LNE	-2,1	-5,2	6,3	13,1	3,3	12,0	19,1
UMTS	-6,3	-9,4	6,3	13,1	3,3	146,0	146,8

Table 2.5 **Power Factor: 0,0 Lag** $d_d/10^{-6} = 6,3$

Lab	$D'_e/10^{-6}$	$D_e/10^{-6}$	$s_{ref}/10^{-6}$	$s_d/10^{-6}$	$t'_e/10^{-6}$	$\sigma'_e/10^{-6}$	$\sigma_e/10^{-6}$
UME	-7,3	-1,0	6,1	12,0	1,6	20,0	24,2
BIM	-5,7	0,6	6,1	12,0	1,6	102,0	102,9
SMU	-17,7	-11,4	6,1	12,0	1,6	62,0	63,5
OMH	-5,7	0,6	6,1	12,0	1,6	60,0	61,5
INM	-22,7	-16,4	6,1	12,0	1,6	82,0	83,1
DMDM	7,7	14,0	6,1	12,0	1,6	36,0	38,5
MIKES	-3,5	2,9	6,1	12,0	1,6	24,0	27,6
VSL	7,3	13,7	6,1	12,0	1,6	20,0	24,2
NPLI	-14,7	-8,3	6,1	12,0	1,6	62,0	63,5
LNE	0,4	6,7	6,1	12,0	1,6	12,0	18,1
UMTS	13,1	19,5	6,1	12,0	1,6	154,0	154,6

Table 3 Differences and Combined Standard Uncertainties in $\mu\text{W}/\text{VA}$

$D_{i,KCRV}$	Differences										
$U_{D_{i,KCRV}}$	Expanded combined standard uncertainties of $D_{i,KCRV}$ ($k=2$)										
i	NMI	1,0		0,5 Lead		0,5 Lag		0,0 Lead		0,0Lag	
		$D_{i,KCRV}$	$U_{D_{i,KCRV}}$	$D_{i,KCRV}$	$U_{D_{i,KCRV}}$	$D_{i,KCRV}$	$U_{D_{i,KCRV}}$	$D_{i,KCRV}$	$U_{D_{i,KCRV}}$	$D_{i,KCRV}$	$U_{D_{i,KCRV}}$
1	NIST	-7,0	12,0	1,0	12,0	1,0	12,0	0,0	9,0	3,0	9,0
2	CSIRO-NML	-1,0	14,0	-1,0	16,0	3,0	16,0	9,0	15,0	-2,0	15,0
3	NPL	8,0	32,0	-12,0	26,0	19,0	26,0	-28,0	29,0	14,0	28,0
4	IEN	-7,0	30,0	-10,0	30,0	2,0	30,0	-14,0	31,0	0,0	32,0
5	INTI	15,0	20,0	9,0	34,0	4,0	34,0	6,0	39,0	7,0	38,0
6	VNIIM	10,0	18,0	-15,0	28,0	-25,0	28,0	9,0	25,0	-11,0	24,0
7	NRC	-4,0	14,0	5,0	12,0	-3,0	12,0	7,0	12,0	-11,0	11,0
8	PSB	22,0	62,0	-3,0	62,0	13,0	62,0	-18,0	62,0	-4,0	62,0
9	PTB	0,0	10,0	-7,0	10,0	12,0	10,0	-4,0	12,0	7,0	11,0
10	INMETRO	-9,0	60,0	15,0	60,0	-26,0	60,0	4,0	60,0	-13,0	60,0
11	CENAM	4,0	34,0	-2,0	34,0	2,0	34,0	-16,0	54,0	9,0	54,0
12	NIM	-1,0	12,0	13,0	12,0	-14,0	12,0	3,0	13,0	-7,0	13,0
13	MSL	-2,0	28,0	5,0	30,0	-16,0	30,0	-1,0	33,0	-4,0	32,0
14	CSIR-NML	-12,0	80,0	-14,0	80,0	3,0	80,0	-26,0	80,0	7,0	80,0
15	SP	1,0	30,0	-8,0	22,0	1,0	22,0	-9,0	19,0	17,0	19,0
16	UME	-0,3	25,2	-5,8	24,4	9,3	24,2	-8,7	24,9	-1,0	24,2
17	BIM	-14,0	73,6	2,2	95,0	-2,0	98,9	19,4	105,1	0,6	102,9
18	SMU	16,0	60,0	18,2	61,6	7,0	61,5	4,5	63,8	-11,4	63,5
19	OMH	7,7	63,9	-11,5	61,6	8,7	61,5	-18,5	61,8	0,6	61,5
20	INM	24,2	83,4	24,8	83,2	7,8	83,1	22,8	83,3	-16,4	83,1
21	DMDM	23,1	48,5	16,6	40,5	46,3	40,4	-8,6	39,0	14,0	38,5
22	MIKES	6,3	35,5	0,3	29,5	11,5	29,4	-0,5	28,2	2,9	27,6
23	VSL	-15,2	19,4	-22,8	22,8	-4,0	22,6	3,7	24,9	13,7	24,2
24	NPLI	-15,2	81,4	3,2	67,5	10,0	67,4	11,7	63,8	-8,3	63,5
25	LNE	4,7	31,9	-4,8	22,8	15,0	22,6	-5,2	19,1	6,7	18,1
26	UMTS	17,7	33,7	-54,3	93,0	76,5	93,0	-9,4	146,8	19,5	154,6

Table 4.1 to 4.5 Values from EURAMET Project EM-K5.1 referenced to the EURAMET comparison, D'_e , and referenced to the KCRV, D_e , values from CCEM-K5, and the associated uncertainty components for $k=2$. NMIs listed in bold letters participated in EURAMET project EM-K5.1.

Table 4.1 Power Factor: 1,0

Lab i	$D'_e/10^{-6}$	$D_e/10^{-6}$	$D_{CCEM}/10^{-6}$	$U_E/10^{-6}$	$t_E/10^{-6}$	$U_{CE}/10^{-6}$ $=Q(U_E, t_E)$	$U_d/10^{-6}$	$Q(U_{CE}, U_d)$ $/10^{-6}$	$U_{CCEM}/10^{-6}$	$t_{CCEM}/10^{-6}$	$Q(U_{CCEM}, t_{CCEM})$ $/10^{-6}$
NIST			-7,0						12,0	3,6	12,5
CSIRO-NML			-1,0						14,0	3,6	14,5
NPL			8,0						32,0	3,6	32,2
IEN			-7,0						30,0	3,6	30,2
INTI			15,0						20,0	3,6	20,3
VNIM			10,0						18,0	3,6	18,4
NRC			-4,0						14,0	3,6	14,5
PSB			22,0						62,0	3,6	62,1
PTB	0,5			5,0	7,1	8,7					
INMETRO			-9,0						60,0	3,6	60,1
CENAM			4,0						34,0	3,6	34,2
NIM			-1,0						12,0	3,6	12,5
MSL			-2,0						28,0	3,6	28,2
CSIR-NML			-12,0						80,0	3,6	80,1
SP			1,0						30,0	3,6	30,2
UME	0,2	-0,3		22,4	7,1	23,5	11,9	26,3			
BIM	-13,5	-14,0		72,4	7,1	72,8	11,9	73,7			
SMU	16,5	16,0		57,5	7,1	57,9	11,9	59,2			
OMH	8,2	7,7		62,5	7,1	62,9	11,9	64,0			
INM	24,7	24,2		82,9	7,1	83,2	11,9	84,1			
DMDM	23,6	23,1		47,0	7,1	47,5	11,9	49,0			
MIKES	6,8	6,3		31,8	7,1	32,6	11,9	34,7			
VSL	-14,7	-15,2		12,8	7,1	14,7	11,9	18,9			
NPLI	-14,7	-15,2		80,3	7,1	80,6	11,9	81,5			
LNE	5,2	4,7		27,8	7,1	28,6	11,9	31,0			
UMTS	18,2	17,7		30,6	7,1	31,4	11,9	33,6			

Table 4.2 Power Factor: 0,5 Lead

Lab i	$D'_e/10^{-6}$	$D_e/10^{-6}$	$D_{CCEM}/10^{-6}$	$U_E/10^{-6}$	$t_E/10^{-6}$	$U_{CE}/10^{-6}$ $=Q(U_E, t_E)$	$U_d/10^{-6}$	$Q(U_{CE}, U_d)$ $/10^{-6}$	$U_{CCEM}/10^{-6}$	$t_{CCEM}/10^{-6}$	$Q(U_{CCEM}, t_{CCEM})$ $/10^{-6}$
NIST			1,0						12,0	3,6	12,5
CSIRO-NML			-1,0						16,0	3,6	16,4
NPL			-12,0						26,0	3,6	26,3
IEN			-10,0						30,0	3,6	30,2
INTI			9,0						34,0	3,6	34,2
VNIIM			-15,0						28,0	3,6	28,2
NRC			5,0						12,0	3,6	12,5
PSB			-3,0						62,0	3,6	62,1
PTB	-0,1			5,4	3,9	6,6					
INMETRO			15,0						60,0	3,6	60,1
CENAM			-2,0						34,0	3,6	34,2
NIM			13,0						12,0	3,6	12,5
MSL			5,0						30,0	3,6	30,2
CSIR-NML			-14,0						80,0	3,6	80,1
SP			-8,0						22,0	3,6	22,3
UME	1,1	-5,8		20,5	3,9	20,9	11,6	23,9			
BIM	9,1	2,2		94,1	3,9	94,2	11,6	94,9			
SMU	25,1	18,2		61,0	3,9	61,1	11,6	62,2			
OMH	-4,6	-11,5		60,2	3,9	60,3	11,6	61,4			
INM	31,7	24,8		82,7	3,9	82,8	11,6	83,6			
DMDM	23,5	16,6		38,8	3,9	39,0	11,6	40,7			
MIKES	7,2	0,3		25,3	3,9	25,6	11,6	28,1			
VSL	-15,9	-22,8		17,4	3,9	17,9	11,6	21,3			
NPLI	10,1	3,2		66,1	3,9	66,2	11,6	67,2			
LNE	2,1	-4,8		17,4	3,9	17,8	11,6	21,3			
UMTS	-47,4	-54,3		92,1	3,9	92,2	11,6	92,9			

Table 4.3 Power Factor: 0,5 Lag

Lab i	$D'_e/10^{-6}$	$D_e/10^{-6}$	$D_{CCEM}/10^{-6}$	$U_E/10^{-6}$	$t_E/10^{-6}$	$U_{CE}/10^{-6}$ $=Q(U_E, t_E)$	$U_d/10^{-6}$	$Q(U_{CE}, U_d)$ $/10^{-6}$	$U_{CCEM}/10^{-6}$	$t_{CCEM}/10^{-6}$	$Q(U_{CCEM}, t_{CCEM})$ $/10^{-6}$
NIST			1,0						12,0	3,6	12,5
CSIRO-NML			3,0						16,0	3,6	16,4
NPL			19,0						26,0	3,6	26,3
IEN			2,0						30,0	3,6	30,2
INTI			4,0						34,0	3,6	34,2
VNIIM			-25,0						28,0	3,6	28,2
NRC			-3,0						12,0	3,6	12,5
PSB			13,0						62,0	3,6	62,1
PTB	0,2			5,3	3,3	6,3					
INMETRO			-26,0						60,0	3,6	60,1
CENAM			2,0						34,0	3,6	34,2
NIM			-14,0						12,0	3,6	12,5
MSL			-16,0						30,0	3,6	30,2
CSIR-NML			3,0						80,0	3,6	80,1
SP			1,0						22,0	3,6	22,3
UME	-2,5	9,3		20,3	3,3	20,5	11,5	23,5			
BIM	-13,8	-2,0		98,1	3,3	98,1	11,5	98,8			
SMU	-4,8	7,0		60,9	3,3	61,0	11,5	62,0			
OMH	-3,1	8,7		60,1	3,3	60,2	11,5	61,3			
INM	-4,0	7,8		82,5	3,3	82,5	11,5	83,3			
DMDM	34,5	46,3		38,7	3,3	38,8	11,5	40,5			
MIKES	-0,3	11,5		25,1	3,3	25,4	11,5	27,8			
VSL	-15,8	-4,0		17,2	3,3	17,5	11,5	20,9			
NPLI	-1,8	10,0		66,1	3,3	66,1	11,5	67,1			
LNE	3,2	15,0		17,2	3,3	17,5	11,5	20,9			
UMTS	64,7	76,5		92,0	3,3	92,1	11,5	92,8			

Table 4.4 Power Factor: 0,0 Lead

Lab i	$D'_e/10^{-6}$	$D_e/10^{-6}$	$D_{CCEM}/10^{-6}$	$U_E/10^{-6}$	$t_E/10^{-6}$	$U_{CE}/10^{-6}$ $=Q(U_E, t_E)$	$U_d/10^{-6}$	$Q(U_{CE}, U_d)$ $/10^{-6}$	$U_{CCEM}/10^{-6}$	$t_{CCEM}/10^{-6}$	$Q(U_{CCEM}, t_{CCEM})$ $/10^{-6}$
NIST			0,0						9,0	3,6	9,7
CSIRO-NML			9,0						15,0	3,6	15,4
NPL			-28,0						29,0	3,6	29,2
IEN			-14,0						31,0	3,6	31,2
INTI			6,0						39,0	3,6	39,2
VNIM			9,0						25,0	3,6	25,3
NRC			7,0						12,0	3,6	12,5
PSB			-18,0						62,0	3,6	62,1
PTB	-0,9			4,9	3,3	5,9					
INMETRO			4,0						60,0	3,6	60,1
CENAM			-16,0						54,0	3,6	54,1
NIM			3,0						13,0	3,6	13,5
MSL			-1,0						33,0	3,6	33,2
CSIR-NML			-26,0						80,0	3,6	80,1
SP			-9,0						19,0	3,6	19,3
UME	-5,6	-8,7		20,3	3,3	20,5	13,1	24,3			
BIM	22,5	19,4		104,0	3,3	104,1	13,1	104,9			
SMU	7,6	4,5		62,7	3,3	62,8	13,1	64,1			
OMH	-15,4	-18,5		60,1	3,3	60,2	13,1	61,6			
INM	25,9	22,8		82,4	3,3	82,5	13,1	83,5			
DMDM	-5,5	-8,6		36,5	3,3	36,7	13,1	38,9			
MIKES	2,6	-0,5		23,1	3,3	23,4	13,1	26,8			
VSL	6,8	3,7		19,2	3,3	19,4	13,1	23,4			
NPLI	14,8	11,7		61,1	3,3	61,1	13,1	62,5			
LNE	-2,1	-5,2		12,2	3,3	12,7	13,1	18,2			
UMTS	-6,3	-9,4		146,0	3,3	146,1	13,1	146,6			

Table 4.5 Power Factor: 0,0 Lag

Lab i	$D'_e/10^{-6}$	$D_e/10^{-6}$	$D_{CCEM}/10^{-6}$	$U_E/10^{-6}$	$t_E/10^{-6}$	$U_{CE}/10^{-6}$ $=Q(U_E, t_E)$	$U_d/10^{-6}$	$Q(U_{CE}, U_d)$ $/10^{-6}$	$U_{CCEM}/10^{-6}$	$t_{CCEM}/10^{-6}$	$Q(U_{CCEM}, t_{CCEM})$ $/10^{-6}$
NIST			3,0						9,0	3,6	9,7
CSIRO-NML			-2,0						15,0	3,6	15,4
NPL			14,0						28,0	3,6	28,2
IEN			0,0						32,0	3,6	32,2
INTI			7,0						38,0	3,6	38,2
VNIM			-11,0						24,0	3,6	24,3
NRC			-11,0						11,0	3,6	11,6
PSB			-4,0						62,0	3,6	62,1
PTB	0,7			4,6	1,6	4,9					
INMETRO			-13,0						60,0	3,6	60,1
CENAM			9,0						54,0	3,6	54,1
NIM			-7,0						13,0	3,6	13,5
MSL			-4,0						32,0	3,6	32,2
CSIR-NML			7,0						80,0	3,6	80,1
SP			17,0						19,0	3,6	19,3
UME	-7,3	-1,0		19,7	1,6	19,8	12,0	23,1			
BIM	-5,7	0,6		101,9	1,6	102,0	12,0	102,7			
SMU	-17,7	-11,4		62,5	1,6	62,5	12,0	63,7			
OMH	-5,7	0,6		59,9	1,6	59,9	12,0	61,1			
INM	-22,7	-16,4		82,5	1,6	82,5	12,0	83,4			
DMDM	7,7	14,0		36,2	1,6	36,3	12,0	38,2			
MIKES	-3,5	2,9		22,7	1,6	22,8	12,0	25,8			
VSL	7,3	13,7		18,7	1,6	18,8	12,0	22,2			
NPLI	-14,7	-8,3		60,9	1,6	60,9	12,0	62,1			
LNE	0,4	6,7		11,5	1,6	11,6	12,0	16,7			
UMTS	13,1	19,5		154,0	1,6	154,0	12,0	154,4			

Table 5.1 to 5.5 Degrees of equivalence (D_{ij}) and its uncertainty for $k=2$ (U_{ij}) in $\mu\text{W/VA}$ deduced from linking CCEM-K5 and EURAMET.EM-K5.1**Table 5.1** Power Factor: 1,0

Lab j ->	UME		BIM		SMU		OMH		INM		DMDM		MIKES		VSL		NPLI		LNE		UMTS	
Lab i	D_{ij}	U_{ij}	D_{ij}	U_{ij}	D_{ij}	U_{ij}	D_{ij}	U_{ij}	D_{ij}	U_{ij}	D_{ij}	U_{ij}	D_{ij}	U_{ij}	D_{ij}	U_{ij}	D_{ij}	U_{ij}	D_{ij}	U_{ij}	D_{ij}	U_{ij}
NIST	-6,7	29,2	7,0	74,8	-23,0	60,5	-14,7	65,2	-31,2	85,0	-30,1	50,5	-13,3	36,9	8,2	22,7	8,2	82,4	-11,7	33,5	-24,7	35,9
CSIRO-NML	-0,7	30,0	13,0	75,1	-17,0	60,9	-8,7	65,6	-25,2	85,3	-24,1	51,0	-7,3	37,6	14,2	23,8	14,2	82,7	-5,7	34,2	-18,7	36,6
NPL	8,3	41,6	22,0	80,5	-8,0	67,4	0,3	71,6	-16,2	90,0	-15,1	58,6	1,7	47,3	23,2	37,3	23,2	87,6	3,3	44,7	-9,7	46,6
IEN	-6,7	40,1	7,0	79,7	-23,0	66,4	-14,7	70,8	-31,2	89,3	-30,1	57,5	-13,3	46,0	8,2	35,6	8,2	86,9	-11,7	43,3	-24,7	45,2
INTI	15,3	33,3	29,0	76,5	-1,0	62,6	7,3	67,1	-9,2	86,5	-8,1	53,0	8,7	40,2	30,2	27,7	30,2	84,0	10,3	37,1	-2,7	39,3
VNIIM	10,3	32,1	24,0	76,0	-6,0	61,9	2,3	66,6	-14,2	86,1	-13,1	52,3	3,7	39,2	25,2	26,3	25,2	83,5	5,3	36,0	-7,7	38,3
NRC	-3,7	30,0	10,0	75,1	-20,0	60,9	-11,7	65,6	-28,2	85,3	-27,1	51,0	-10,3	37,6	11,2	23,8	11,2	82,7	-8,7	34,2	-21,7	36,6
PSB	22,3	67,5	36,0	96,4	6,0	85,8	14,3	89,2	-2,2	104,5	-1,1	79,1	15,7	71,1	37,2	64,9	37,2	102,4	17,3	69,4	4,3	70,6
PTB	0,3	25,0	14,0	73,3	-16,0	58,6	-7,7	63,5	-24,2	83,7	-23,1	48,3	-6,3	33,7	15,2	17,0	15,2	81,1	-4,7	29,9	-17,7	32,6
INMETRO	-8,7	65,6	5,0	95,1	-25,0	84,3	-16,7	87,8	-33,2	103,3	-32,1	77,5	-15,3	69,4	6,2	63,0	6,2	101,2	-13,7	67,6	-26,7	68,9
CENAM	4,3	43,2	18,0	81,3	-12,0	68,3	-3,7	72,5	-20,2	90,8	-19,1	59,7	-2,3	48,7	19,2	39,1	19,2	88,4	-0,7	46,2	-13,7	48,0
NIM	-0,7	29,2	13,0	74,8	-17,0	60,5	-8,7	65,2	-25,2	85,0	-24,1	50,5	-7,3	36,9	14,2	22,7	14,2	82,4	-5,7	33,5	-18,7	35,9
MSL	-1,7	38,6	12,0	79,0	-18,0	65,5	-9,7	69,9	-26,2	88,7	-25,1	56,5	-8,3	44,7	13,2	34,0	13,2	86,2	-6,7	41,9	-19,7	43,9
CSIR-NML	-11,7	84,3	2,0	108,9	-28,0	99,6	-19,7	102,5	-36,2	116,1	-35,1	93,9	-18,3	87,3	3,2	82,3	3,2	114,2	-16,7	85,9	-29,7	86,9
SP	1,3	40,1	15,0	79,7	-15,0	66,4	-6,7	70,8	-23,2	89,3	-22,1	57,5	-5,3	46,0	16,2	35,6	16,2	86,9	-3,7	43,3	-16,7	45,2
UME			13,7	76,5	-16,3	62,5	-8,0	67,1	-24,5	86,5	-23,4	53,0	-6,6	40,1	14,9	27,7	14,9	83,9	-5,0	37,0	-18,0	39,2
BIM	-13,7	76,5			-30,0	93,0	-21,7	96,2	-38,2	110,5	-37,1	86,9	-20,3	79,7	1,2	74,2	1,2	108,6	-18,7	78,2	-31,7	79,3
SMU	16,3	62,5	30,0	93,0			8,3	85,5	-8,2	101,4	-7,1	74,9	9,7	66,5	31,2	59,8	31,2	99,3	11,3	64,6	-1,7	65,9
OMH	8,0	67,1	21,7	96,2	-8,3	85,5			-16,5	104,3	-15,4	78,8	1,4	70,8	22,9	64,6	22,9	102,2	3,0	69,1	-10,0	70,3
INM	24,5	86,5	38,2	110,5	8,2	101,4	16,5	104,3			1,1	95,8	17,9	89,4	39,4	84,5	39,4	115,9	19,5	88,0	6,5	89,0
DMDM	23,4	53,0	37,1	86,9	7,1	74,9	15,4	78,8	-1,1	95,8			16,8	57,6	38,3	49,7	38,3	93,5	18,4	55,5	5,4	56,9
MIKES	6,6	40,1	20,3	79,7	-9,7	66,5	-1,4	70,8	-17,9	89,4	-16,8	57,6			21,5	35,7	21,5	86,9	1,5	43,4	-11,4	45,3
VSL	-14,9	27,7	-1,2	74,2	-31,2	59,8	-22,9	64,6	-39,4	84,5	-38,3	49,7	-21,5	35,7			0,0	81,9	-19,9	32,2	-32,9	34,7
NPLI	-14,9	83,9	-1,2	108,6	-31,2	99,3	-22,9	102,2	-39,4	115,9	-38,3	93,5	-21,5	86,9	0,0	81,9			-19,9	85,5	-32,9	86,5
LNE	5,0	37,0	18,7	78,2	-11,3	64,6	-3,0	69,1	-19,5	88,0	-18,4	55,5	-1,5	43,4	19,9	32,2	19,9	85,5			-13,0	42,5
UMTS	18,0	39,2	31,7	79,3	1,7	65,9	10,0	70,3	-6,5	89,0	-5,4	56,9	11,4	45,3	32,9	34,7	32,9	86,5	13,0	42,5		

Table 5.2 Power Factor: 0,5 Lead

Lab j ->	UME		BIM		SMU		OMH		INM		DMDM		MIKES		VSL		NPLI		LNE		UMTS	
Lab i	D_{ij}	U_{ij}	D_{ij}	U_{ij}	D_{ij}	U_{ij}	D_{ij}	U_{ij}	D_{ij}	U_{ij}	D_{ij}	U_{ij}	D_{ij}	U_{ij}	D_{ij}	U_{ij}	D_{ij}	U_{ij}	D_{ij}	U_{ij}	D_{ij}	U_{ij}
NIST	6,8	27,0	-1,2	95,7	-17,2	63,4	12,5	62,6	-23,8	84,5	-15,6	42,6	0,7	30,8	23,8	24,7	-2,2	68,4	5,8	24,7	55,3	93,7
CSIRO-NML	4,8	29,0	-3,2	96,3	-19,2	64,3	10,5	63,5	-25,8	85,2	-17,6	43,9	-1,3	32,5	21,8	26,9	-4,2	69,2	3,8	26,9	53,3	94,3
NPL	-6,2	35,5	-14,2	98,5	-30,2	67,5	-0,5	66,8	-36,8	87,6	-28,6	48,4	-12,3	38,5	10,8	33,8	-15,2	72,2	-7,2	33,8	42,3	96,5
IEN	-4,2	38,5	-12,2	99,6	-28,2	69,1	1,5	68,4	-34,8	88,9	-26,6	50,7	-10,3	41,3	12,8	37,0	-13,2	73,7	-5,2	37,0	44,3	97,7
INTI	14,8	41,7	6,8	100,9	-9,2	70,9	20,5	70,3	-15,8	90,3	-7,6	53,2	8,7	44,3	31,8	40,3	5,8	75,4	13,8	40,3	63,3	99,0
VNIIM	-9,2	37,0	-17,2	99,0	-33,2	68,3	-3,5	67,6	-39,8	88,2	-31,6	49,5	-15,3	39,8	7,8	35,4	-18,2	72,9	-10,2	35,3	39,3	97,1
NRC	10,8	27,0	2,8	95,7	-13,2	63,4	16,5	62,6	-19,8	84,5	-11,6	42,6	4,7	30,8	27,8	24,7	1,8	68,4	9,8	24,7	59,3	93,7
PSB	2,8	66,5	-5,2	113,4	-21,2	87,9	8,5	87,3	-27,8	104,1	-19,6	74,3	-3,3	68,2	19,8	65,7	-6,2	91,5	1,8	65,6	51,3	111,7
PTB	-1,2	21,9	-9,2	94,4	-25,2	61,4	4,5	60,6	-31,8	83,1	-23,6	39,6	-7,3	26,5	15,8	19,1	-10,2	66,6	-2,2	19,0	47,3	92,4
INMETRO	20,8	64,7	12,8	112,3	-3,2	86,5	26,5	85,9	-9,8	103,0	-1,6	72,6	14,7	66,4	37,8	63,8	11,8	90,2	19,8	63,8	69,3	110,6
CENAM	3,8	41,7	-4,2	100,9	-20,2	70,9	9,5	70,3	-26,8	90,3	-18,6	53,2	-2,3	44,3	20,8	40,3	-5,2	75,4	2,8	40,3	52,3	99,0
NIM	18,8	27,0	10,8	95,7	-5,2	63,4	24,5	62,6	-11,8	84,5	-3,6	42,6	12,7	30,8	35,8	24,7	9,8	68,4	17,8	24,7	67,3	93,7
MSL	10,8	38,5	2,8	99,6	-13,2	69,1	16,5	68,4	-19,8	88,9	-11,6	50,7	4,7	41,3	27,8	37,0	1,8	73,7	9,8	37,0	59,3	97,7
CSIR-NML	-8,2	83,6	-16,2	124,2	-32,2	101,4	-2,5	100,9	-38,8	115,8	-30,6	89,8	-14,3	84,9	8,8	82,9	-17,2	104,6	-9,2	82,9	40,3	122,6
SP	-2,2	32,7	-10,2	97,5	-26,2	66,0	3,5	65,3	-32,8	86,5	-24,6	46,4	-8,3	35,9	14,8	30,8	-11,2	70,8	-3,2	30,8	46,3	95,5
UME			-8,0	96,5	-24,0	64,6	5,7	63,8	-30,6	85,4	-22,4	44,3	-6,1	33,1	17,0	27,5	-9,0	69,4	-1,0	27,5	48,5	94,5
BIM	8,0	96,5			-16,0	112,3	13,7	111,8	-22,6	125,4	-14,4	101,9	1,9	97,6	25,0	95,9	-1,0	115,1	7,0	95,9	56,5	131,8
SMU	24,0	64,6	16,0	112,3			29,7	85,8	-6,6	102,9	1,6	72,5	17,9	66,2	41,0	63,6	15,0	90,1	23,0	63,6	72,5	110,6
OMH	-5,7	63,8	-13,7	111,8	-29,7	85,8			-36,3	102,4	-28,1	71,8	-11,8	65,5	11,3	62,9	-14,7	89,6	-6,7	62,9	42,8	110,1
INM	30,6	85,4	22,6	125,4	6,6	102,9	36,3	102,4			8,2	91,5	24,5	86,7	47,6	84,7	21,6	106,0	29,6	84,7	79,1	123,9
DMDM	22,4	44,3	14,4	101,9	-1,6	72,5	28,1	71,8	-8,2	91,5			16,3	46,7	39,4	42,9	13,4	76,9	21,4	42,9	70,9	100,1
MIKES	6,1	33,1	-1,9	97,6	-17,9	66,2	11,8	65,5	-24,5	86,7	-16,3	46,7			23,1	31,2	-2,9	71,0	5,1	31,2	54,6	95,7
VSL	-17,0	27,5	-25,0	95,9	-41,0	63,6	-11,3	62,9	-47,6	84,7	-39,4	42,9	-23,1	31,2			-26,0	68,6	-18,0	25,3	31,5	93,9
NPLI	9,0	69,4	1,0	115,1	-15,0	90,1	14,7	89,6	-21,6	106,0	-13,4	76,9	2,9	71,0	26,0	68,6			8,0	68,6	57,5	113,5
LNE	1,0	27,5	-7,0	95,9	-23,0	63,6	6,7	62,9	-29,6	84,7	-21,4	42,9	-5,1	31,2	18,0	25,3	-8,0	68,6			49,5	93,9
UMTS	-48,5	94,5	-56,5	131,8	-72,5	110,6	-42,8	110,1	-79,1	123,9	-70,9	100,1	-54,6	95,7	-31,5	93,9	-57,5	113,5	-49,5	93,9		

Table 5.3 Power Factor: 0,5 Lag

Lab j ->	UME		BIM		SMU		OMH		INM		DMDM		MIKES		VSL		NPLI		LNE		UMTS	
Lab i	<i>D_{ij}</i>	<i>U_{ij}</i>	<i>D_{ij}</i>	<i>U_{ij}</i>	<i>D_{ij}</i>	<i>U_{ij}</i>	<i>D_{ij}</i>	<i>U_{ij}</i>	<i>D_{ij}</i>	<i>U_{ij}</i>	<i>D_{ij}</i>	<i>U_{ij}</i>	<i>D_{ij}</i>	<i>U_{ij}</i>	<i>D_{ij}</i>	<i>U_{ij}</i>	<i>D_{ij}</i>	<i>U_{ij}</i>	<i>D_{ij}</i>	<i>U_{ij}</i>	<i>D_{ij}</i>	<i>U_{ij}</i>
NIST	-8,3	26,7	3,0	99,6	-6,0	63,3	-7,7	62,5	-6,8	84,3	-45,3	42,4	-10,5	30,5	5,0	24,4	-9,0	68,3	-14,0	24,4	-75,5	93,6
CSIRO-NML	-6,3	28,7	5,0	100,1	-4,0	64,2	-5,7	63,4	-4,8	84,9	-43,3	43,7	-8,5	32,3	7,0	26,6	-7,0	69,1	-12,0	26,6	-73,5	94,2
NPL	9,7	35,3	21,0	102,2	12,0	67,4	10,3	66,6	11,2	87,4	-27,3	48,3	7,5	38,3	23,0	33,6	9,0	72,1	4,0	33,6	-57,5	96,4
IEN	-7,3	38,3	4,0	103,3	-5,0	69,0	-6,7	68,3	-5,8	88,6	-44,3	50,5	-9,5	41,1	6,0	36,8	-8,0	73,6	-13,0	36,8	-74,5	97,6
INTI	-5,3	41,5	6,0	104,5	-3,0	70,8	-4,7	70,2	-3,8	90,1	-42,3	53,0	-7,5	44,1	8,0	40,1	-6,0	75,3	-11,0	40,1	-72,5	98,9
VNIIM	-34,3	36,8	-23,0	102,7	-32,0	68,2	-33,7	67,4	-32,8	88,0	-71,3	49,4	-36,5	39,7	-21,0	35,2	-35,0	72,8	-40,0	35,1	-101,5	97,0
NRC	-12,3	26,7	-1,0	99,6	-10,0	63,3	-11,7	62,5	-10,8	84,3	-49,3	42,4	-14,5	30,5	1,0	24,4	-13,0	68,3	-18,0	24,4	-79,5	93,6
PSB	3,7	66,4	15,0	116,7	6,0	87,8	4,3	87,2	5,2	103,9	-33,3	74,1	1,5	68,1	17,0	65,5	3,0	91,4	-2,0	65,5	-63,5	111,7
PTB	2,7	21,5	14,0	98,3	5,0	61,3	3,3	60,5	4,2	82,8	-34,3	39,3	0,5	26,1	16,0	18,6	2,0	66,4	-3,0	18,6	-64,5	92,3
INMETRO	-35,3	64,6	-24,0	115,6	-33,0	86,4	-34,7	85,8	-33,8	102,7	-72,3	72,5	-37,5	66,2	-22,0	63,7	-36,0	90,1	-41,0	63,6	-102,5	110,6
CENAM	-7,3	41,5	4,0	104,5	-5,0	70,8	-6,7	70,2	-5,8	90,1	-44,3	53,0	-9,5	44,1	6,0	40,1	-8,0	75,3	-13,0	40,1	-74,5	98,9
NIM	-23,3	26,7	-12,0	99,6	-21,0	63,3	-22,7	62,5	-21,8	84,3	-60,3	42,4	-25,5	30,5	-10,0	24,4	-24,0	68,3	-29,0	24,4	-90,5	93,6
MSL	-25,3	38,3	-14,0	103,3	-23,0	69,0	-24,7	68,3	-23,8	88,6	-62,3	50,5	-27,5	41,1	-12,0	36,8	-26,0	73,6	-31,0	36,8	-92,5	97,6
CSIR-NML	-6,3	83,5	5,0	127,2	-4,0	101,3	-5,7	100,8	-4,8	115,6	-43,3	89,7	-8,5	84,8	7,0	82,8	-7,0	104,5	-12,0	82,8	-73,5	122,6
SP	-8,3	32,4	3,0	101,3	-6,0	65,9	-7,7	65,2	-6,8	86,2	-45,3	46,2	-10,5	35,7	5,0	30,6	-9,0	70,7	-14,0	30,6	-75,5	95,4
UME			11,3	100,2	2,3	64,3	0,6	63,6	1,5	85,0	-37,0	43,9	-2,2	32,6	13,3	27,0	-0,7	69,3	-5,7	27,0	-67,2	94,4
BIM	-11,3	100,2			-9,0	115,5	-10,7	115,1	-9,8	128,2	-48,3	105,5	-13,5	101,3	2,0	99,7	-12,0	118,3	-17,0	99,7	-78,5	134,6
SMU	-2,3	64,3	9,0	115,5			-1,7	85,7	-0,8	102,6	-39,3	72,3	-4,5	66,0	11,0	63,4	-3,0	90,0	-8,0	63,4	-69,5	110,4
OMH	-0,6	63,6	10,7	115,1	1,7	85,7			0,9	102,1	-37,6	71,6	-2,8	65,3	12,7	62,7	-1,3	89,4	-6,3	62,7	-67,8	110,0
INM	-1,5	85,0	9,8	128,2	0,8	102,6	-0,9	102,1			-38,5	91,2	-3,7	86,3	11,8	84,4	-2,2	105,8	-7,2	84,4	-68,7	123,7
DMDM	37,0	43,9	48,3	105,5	39,3	72,3	37,6	71,6	38,5	91,2			34,8	46,4	50,3	42,6	36,3	76,7	31,3	42,6	-30,2	99,9
MIKES	2,2	32,6	13,5	101,3	4,5	66,0	2,8	65,3	3,7	86,3	-34,8	46,4			15,5	30,8	1,5	70,8	-3,5	30,8	-65,0	95,5
VSL	-13,3	27,0	-2,0	99,7	-11,0	63,4	-12,7	62,7	-11,8	84,4	-50,3	42,6	-15,5	30,8			-14,0	68,4	-19,0	24,8	-80,5	93,7
NPLI	0,7	69,3	12,0	118,3	3,0	90,0	1,3	89,4	2,2	105,8	-36,3	76,7	-1,5	70,8	14,0	68,4			-5,0	68,4	-66,5	113,4
LNE	5,7	27,0	17,0	99,7	8,0	63,4	6,3	62,7	7,2	84,4	-31,3	42,6	3,5	30,8	19,0	24,8	5,0	68,4			-61,5	93,7
UMTS	67,2	94,4	78,5	134,6	69,5	110,4	67,8	110,0	68,7	123,7	30,2	99,9	65,0	95,5	80,5	93,7	66,5	113,4	61,5	93,7		

Table 5.4 Power Factor: 0,0 Lead

Lab j ->	UME		BIM		SMU		OMH		INM		DMDM		MIKES		VSL		NPLI		LNE		UMTS	
Lab i	D_{ij}	U_{ij}	D_{ij}	U_{ij}	D_{ij}	U_{ij}	D_{ij}	U_{ij}	D_{ij}	U_{ij}	D_{ij}	U_{ij}	D_{ij}	U_{ij}	D_{ij}	U_{ij}	D_{ij}	U_{ij}	D_{ij}	U_{ij}	D_{ij}	U_{ij}
NIST	8,7	26,2	-19,4	105,4	-4,5	64,8	18,5	62,3	-22,8	84,1	8,6	40,1	0,5	28,5	-3,7	25,4	-11,7	63,3	5,2	20,6	9,4	147,0
CSIRO-NML	17,7	28,8	-10,4	106,0	4,5	65,9	27,5	63,5	-13,8	85,0	17,6	41,9	9,5	30,9	5,3	28,1	-2,7	64,4	14,2	23,9	18,4	147,4
NPL	-19,3	38,0	-47,4	108,9	-32,5	70,5	-9,5	68,2	-50,8	88,5	-19,4	48,7	-27,5	39,6	-31,7	37,5	-39,7	69,0	-22,8	34,4	-18,6	149,5
IEN	-5,3	39,6	-33,4	109,5	-18,5	71,3	4,5	69,0	-36,8	89,2	-5,4	49,9	-13,5	41,1	-17,7	39,0	-25,7	69,9	-8,8	36,1	-4,6	149,9
INTI	14,7	46,1	-13,4	112,0	1,5	75,1	24,5	73,0	-16,8	92,3	14,6	55,2	6,5	47,5	2,3	45,6	-5,7	73,8	11,2	43,2	15,4	151,8
VNIIM	17,7	35,1	-10,4	107,9	4,5	68,9	27,5	66,5	-13,8	87,3	17,6	46,4	9,5	36,8	5,3	34,5	-2,7	67,4	14,2	31,1	18,4	148,8
NRC	15,7	27,4	-12,4	105,7	2,5	65,3	25,5	62,8	-15,8	84,5	15,6	40,9	7,5	29,6	3,3	26,6	-4,7	63,8	12,2	22,1	16,4	147,2
PSB	-9,3	66,7	-37,4	121,9	-22,5	89,3	0,5	87,4	-40,8	104,1	-9,4	73,3	-17,5	67,6	-21,7	66,4	-29,7	88,1	-12,8	64,7	-8,6	159,2
PTB	4,7	21,4	-23,4	104,3	-8,5	63,0	14,5	60,4	-26,8	82,7	4,6	37,1	-3,5	24,1	-7,7	20,3	-15,7	61,4	1,2	14,0	5,4	146,2
INMETRO	12,7	64,9	-15,4	120,9	-0,5	87,9	22,5	86,0	-18,8	102,9	12,6	71,6	4,5	65,8	0,3	64,5	-7,7	86,7	9,2	62,8	13,4	158,5
CENAM	-7,3	59,3	-35,4	118,1	-20,5	83,9	2,5	82,0	-38,8	99,5	-7,4	66,7	-15,5	60,4	-19,7	59,0	-27,7	82,7	-10,8	57,1	-6,6	156,3
NIM	11,7	27,8	-16,4	105,8	-1,5	65,5	21,5	63,0	-19,8	84,6	11,6	41,2	3,5	30,0	-0,7	27,0	-8,7	64,0	8,2	22,7	12,4	147,3
MSL	7,7	41,2	-20,4	110,0	-5,5	72,2	17,5	69,9	-23,8	89,9	7,6	51,1	-0,5	42,7	-4,7	40,6	-12,7	70,8	4,2	37,9	8,4	150,3
CSIR-NML	-17,3	83,7	-45,4	132,0	-30,5	102,6	-7,5	101,0	-48,8	115,7	-17,4	89,0	-25,5	84,4	-29,7	83,4	-37,7	101,6	-20,8	82,1	-16,6	167,1
SP	-0,3	31,1	-28,4	106,7	-13,5	67,0	9,5	64,5	-31,8	85,8	-0,4	43,5	-8,5	33,0	-12,7	30,4	-20,7	65,4	-3,8	26,6	0,4	147,9
UME			-28,2	106,1	-13,2	66,0	9,8	63,6	-31,5	85,0	-0,1	42,0	-8,2	31,1	-12,4	28,3	-20,4	64,5	-3,5	24,1	0,7	147,5
BIM	28,2	106,1			15,0	121,6	38,0	120,2	-3,3	132,8	28,1	110,4	19,9	106,7	15,8	105,9	7,7	120,7	24,6	104,9	28,8	179,4
SMU	13,2	66,0	-15,0	121,6			23,0	86,9	-18,3	103,7	13,1	72,7	5,0	67,0	0,8	65,7	-7,2	87,6	9,7	64,0	13,9	159,0
OMH	-9,8	63,6	-38,0	120,2	-23,0	86,9			-41,3	102,1	-9,9	70,4	-18,0	64,5	-22,2	63,2	-30,2	85,8	-13,3	61,5	-9,1	158,0
INM	31,5	85,0	3,3	132,8	18,3	103,7	41,3	102,1			31,4	90,3	23,2	85,8	19,1	84,8	11,1	102,7	28,0	83,5	32,2	167,8
DMDM	0,1	42,0	-28,1	110,4	-13,1	72,7	9,9	70,4	-31,4	90,3			-8,1	43,5	-12,3	41,5	-20,3	71,3	-3,4	38,8	0,8	150,6
MIKES	8,2	31,1	-19,9	106,7	-5,0	67,0	18,0	64,5	-23,2	85,8	8,1	43,5			-4,2	30,4	-12,2	65,5	4,7	26,6	8,9	147,9
VSL	12,4	28,3	-15,8	105,9	-0,8	65,7	22,2	63,2	-19,1	84,8	12,3	41,5	4,2	30,4			-8,0	64,2	8,9	23,2	13,1	147,3
NPLI	20,4	64,5	-7,7	120,7	7,2	87,6	30,2	85,8	-11,1	102,7	20,3	71,3	12,2	65,5	8,0	64,2			16,9	62,4	21,1	158,3
LNE	3,5	24,1	-24,6	104,9	-9,7	64,0	13,3	61,5	-28,0	83,5	3,4	38,8	-4,7	26,6	-8,9	23,2	-16,9	62,4			4,2	146,6
UMTS	-0,7	147,5	-28,8	179,4	-13,9	159,0	9,1	158,0	-32,2	167,8	-0,8	150,6	-8,9	147,9	-13,1	147,3	-21,1	158,3	-4,2	146,6		

Table 5.5 Power Factor: 0,0 Lag

Lab j ->	UME		BIM		SMU		OMH		INM		DMDM		MIKES		VSL		NPLI		LNE		UMTS	
Lab i	D_{ij}	U_{ij}	D_{ij}	U_{ij}	D_{ij}	U_{ij}	D_{ij}	U_{ij}	D_{ij}	U_{ij}	D_{ij}	U_{ij}	D_{ij}	U_{ij}	D_{ij}	U_{ij}	D_{ij}	U_{ij}	D_{ij}	U_{ij}	D_{ij}	U_{ij}
NIST	4,0	25,1	2,4	103,1	14,4	64,4	2,4	61,9	19,4	84,0	-11,0	39,4	0,1	27,5	-10,7	24,3	11,3	62,8	-3,7	19,3	-16,5	154,7
CSIRO-NML	-1,0	27,8	-2,6	103,8	9,4	65,5	-2,6	63,0	14,4	84,8	-16,0	41,2	-4,9	30,0	-15,7	27,1	6,3	64,0	-8,7	22,7	-21,5	155,2
NPL	15,0	36,5	13,4	106,5	25,4	69,6	13,4	67,3	30,4	88,1	0,0	47,5	11,1	38,2	0,3	35,9	22,3	68,2	7,3	32,8	-5,5	157,0
IEN	1,0	39,7	-0,6	107,6	11,4	71,3	-0,6	69,1	16,4	89,4	-14,0	50,0	-2,9	41,2	-13,7	39,1	8,3	69,9	-6,7	36,3	-19,5	157,8
INTI	8,0	44,6	6,4	109,5	18,4	74,2	6,4	72,1	23,4	91,7	-7,0	54,0	4,1	46,0	-6,7	44,2	15,3	72,9	0,3	41,7	-12,5	159,1
VNIIM	-10,0	33,5	-11,6	105,5	0,4	68,1	-11,6	65,8	5,4	86,9	-25,0	45,3	-13,9	35,4	-24,7	32,9	-2,7	66,7	-17,7	29,4	-30,5	156,3
NRC	-10,0	25,9	-11,6	103,3	0,4	64,7	-11,6	62,2	5,4	84,2	-25,0	39,9	-13,9	28,2	-24,7	25,1	-2,7	63,2	-17,7	20,3	-30,5	154,9
PSB	-3,0	66,3	-4,6	120,0	7,4	88,9	-4,6	87,1	12,4	104,0	-18,0	72,9	-6,9	67,2	-17,7	66,0	4,3	87,8	-10,7	64,3	-23,5	166,5
PTB	8,0	20,4	6,4	102,1	18,4	62,7	6,4	60,1	23,4	82,7	-7,0	36,6	4,1	23,3	-6,7	19,4	15,3	61,1	0,3	12,6	-12,5	154,0
INMETRO	-12,0	64,4	-13,6	119,0	-1,6	87,6	-13,6	85,7	3,4	102,8	-27,0	71,2	-15,9	65,4	-26,7	64,1	-4,7	86,4	-19,7	62,4	-32,5	165,7
CENAM	10,0	58,9	8,4	116,1	20,4	83,6	8,4	81,6	25,4	99,4	-5,0	66,2	6,1	59,9	-4,7	58,5	17,3	82,4	2,3	56,6	-10,5	163,6
NIM	-6,0	26,8	-7,6	103,5	4,4	65,1	-7,6	62,6	9,4	84,5	-21,0	40,5	-9,9	29,1	-20,7	26,0	1,3	63,5	-13,7	21,4	-26,5	155,0
MSL	-3,0	39,7	-4,6	107,6	7,4	71,3	-4,6	69,1	12,4	89,4	-18,0	50,0	-6,9	41,2	-17,7	39,1	4,3	69,9	-10,7	36,3	-23,5	157,8
CSIR-NML	8,0	83,4	6,4	130,2	18,4	102,3	6,4	100,7	23,4	115,6	-7,0	88,7	4,1	84,1	-6,7	83,1	15,3	101,3	0,3	81,8	-12,5	174,0
SP	18,0	30,2	16,4	104,5	28,4	66,5	16,4	64,1	33,4	85,6	3,0	42,8	14,1	32,2	3,3	29,5	25,3	65,0	10,3	25,5	-2,5	155,6
UME			-1,6	103,9	10,4	65,6	-1,6	63,1	15,3	84,9	-15,1	41,3	-3,9	30,2	-14,7	27,3	7,3	64,1	-7,7	22,9	-20,5	155,2
BIM	1,6	103,9			12,0	119,6	0,0	118,3	17,0	131,2	-13,4	108,2	-2,3	104,5	-13,1	103,7	8,9	118,8	-6,1	102,6	-18,9	184,7
SMU	-10,4	65,6	-12,0	119,6			-12,0	86,6	5,0	103,6	-25,4	72,3	-14,2	66,6	-25,1	65,3	-3,1	87,3	-18,1	63,6	-30,9	166,2
OMH	1,6	63,1	0,0	118,3	12,0	86,6			17,0	102,0	-13,4	70,0	-2,2	64,1	-13,1	62,8	8,9	85,5	-6,1	61,0	-18,9	165,2
INM	-15,3	84,9	-17,0	131,2	-5,0	103,6	-17,0	102,0			-30,4	90,2	-19,2	85,6	-30,0	84,6	-8,0	102,6	-23,1	83,4	-35,8	174,7
DMDM	15,1	41,3	13,4	108,2	25,4	72,3	13,4	70,0	30,4	90,2			11,2	42,8	0,4	40,8	22,4	70,9	7,3	38,1	-5,4	158,2
MIKES	3,9	30,2	2,3	104,5	14,2	66,6	2,2	64,1	19,2	85,6	-11,2	42,8			-10,8	29,5	11,2	65,0	-3,9	25,6	-16,6	155,6
VSL	14,7	27,3	13,1	103,7	25,1	65,3	13,1	62,8	30,0	84,6	-0,4	40,8	10,8	29,5			22,0	63,7	7,0	22,0	-5,8	155,1
NPLI	-7,3	64,1	-8,9	118,8	3,1	87,3	-8,9	85,5	8,0	102,6	-22,4	70,9	-11,2	65,0	-22,0	63,7			-15,0	62,0	-27,8	165,6
LNE	7,7	22,9	6,1	102,6	18,1	63,6	6,1	61,0	23,1	83,4	-7,3	38,1	3,9	25,6	-7,0	22,0	15,0	62,0			-12,8	154,4
UMTS	20,5	155,2	18,9	184,7	30,9	166,2	18,9	165,2	35,8	174,7	5,4	158,2	16,6	155,6	5,8	155,1	27,8	165,6	12,8	154,4		

Figure 1 CCEM-K5 and EURAMET.EM-K5.1
 Deviation from CCEM-KCRV and the expanded uncertainty ($k=2$)
 for AC power measurements at 120 V, 5 A, PF 1,0

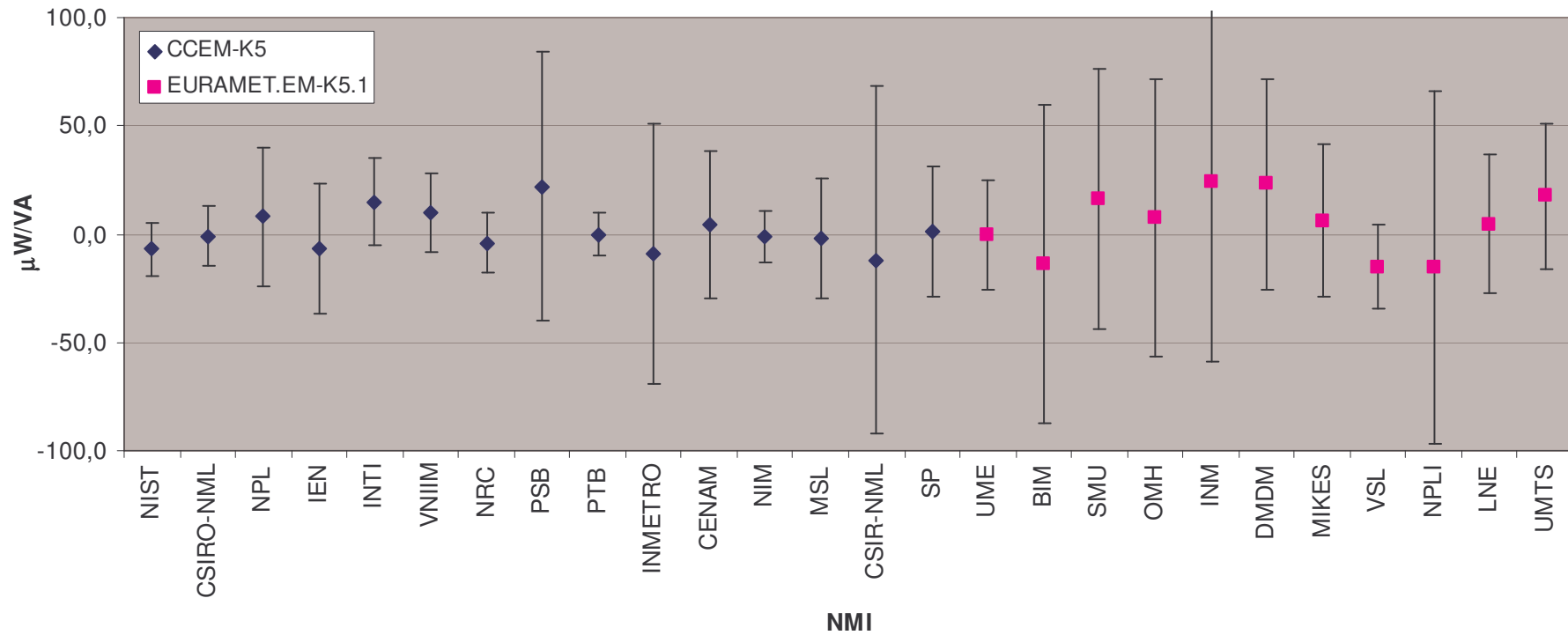


Figure 2 CCEM-K5 and EURAMET.EM-K5.1:
 Deviation from CCEM-KCRV and the expanded uncertainty ($k=2$)
 for AC power measurements at 120 V, 5 A, PF 0,5 Lead

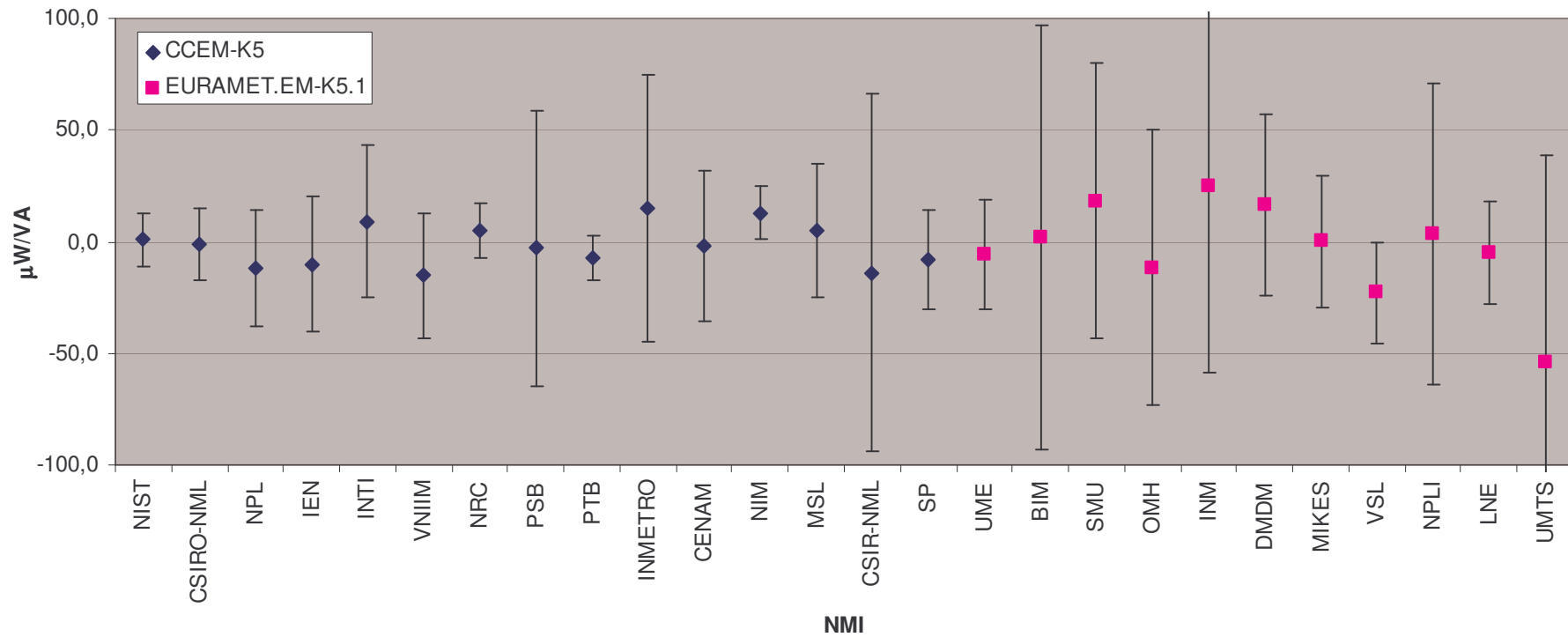


Figure 3 CCEM-K5 and EURAMET.EM-K5.1:
 Deviation from CCEM-KCRV and the expanded uncertainty ($k=2$)
 for AC power measurements at 120 V, 5 A, PF 0,5 Lag

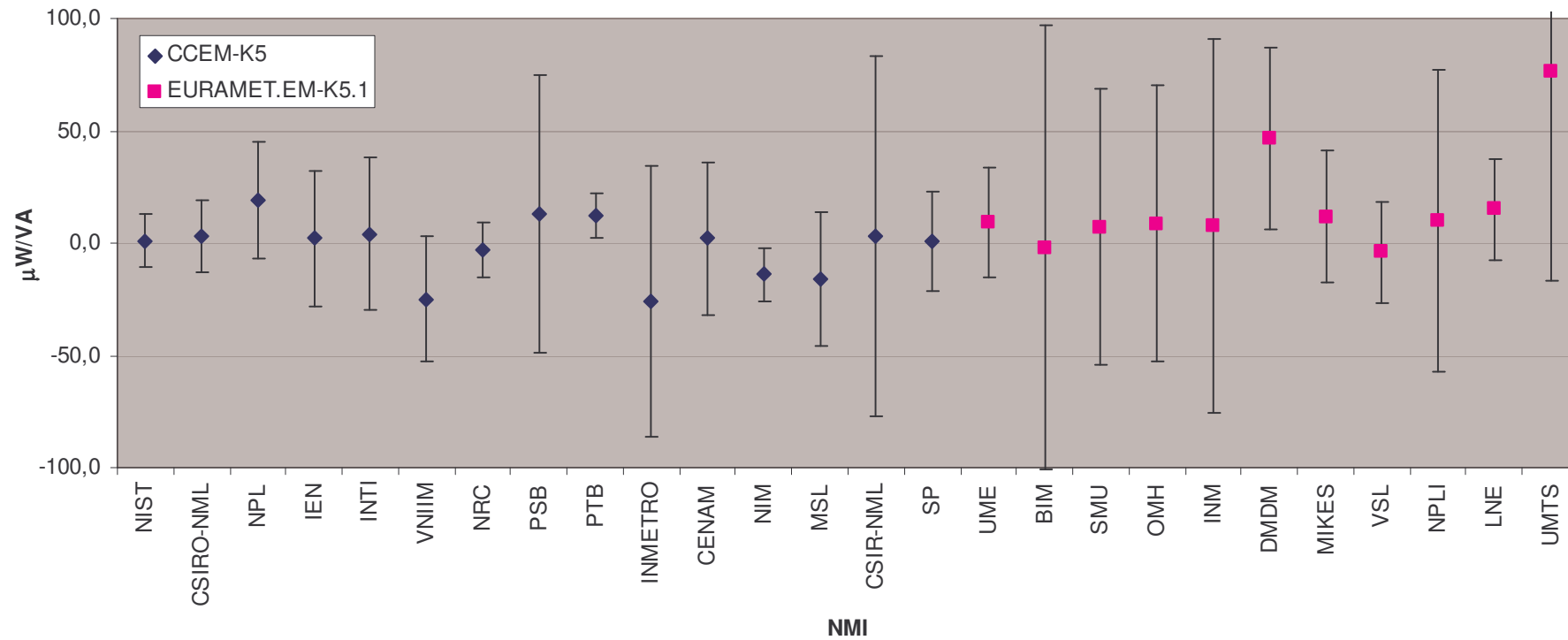


Figure 4 CCEM-K5 and EURAMET.EM-K5.1:
 Deviation from CCEM-KCRV and the expanded uncertainty ($k=2$)
 for AC power measurements at 120 V, 5 A, PF 0,0 Lead

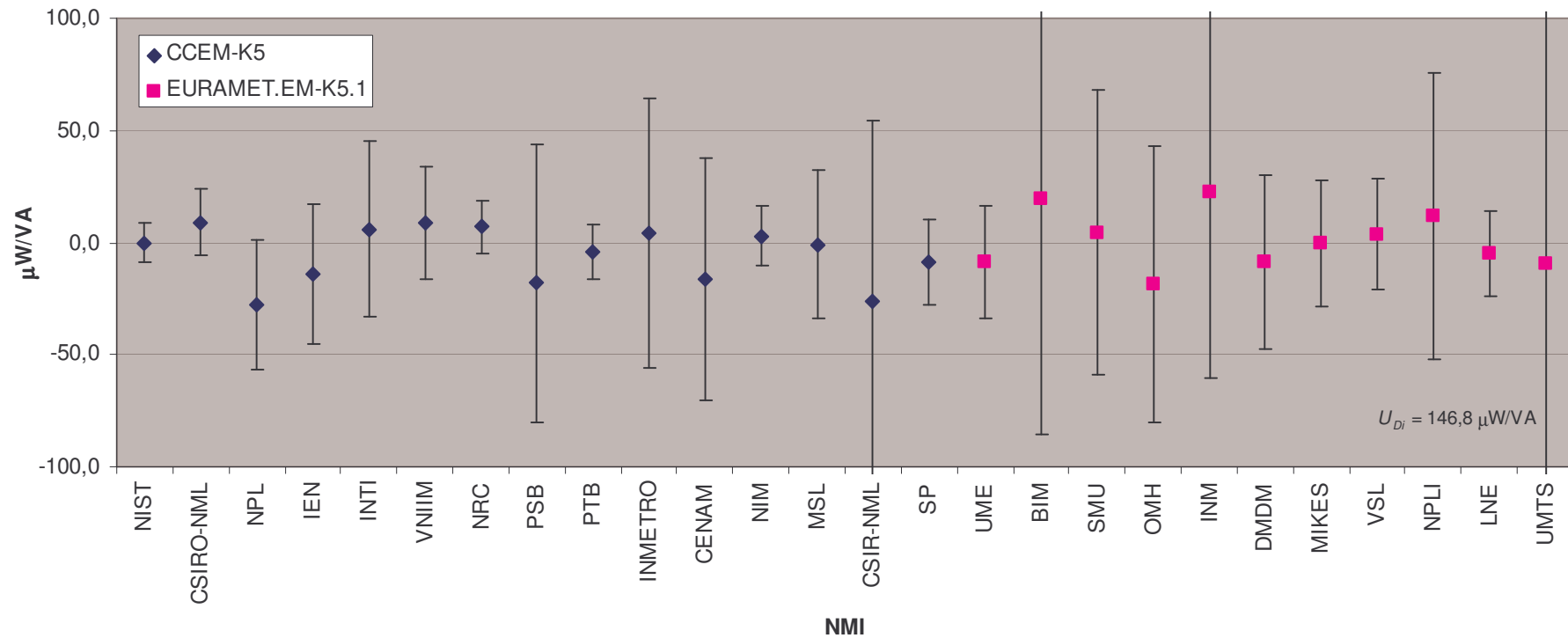


Figure 5 CCEM-K5 and EURAMET.EM-K5.1:
 Deviation from CCEM-KCRV and the expanded uncertainty ($k=2$)
 for AC power measurements at 120 V, 5 A, PF 0,0 Lag

