

# Linking the Results of Key Comparison CCEM-K5 and EUROMET.EM-K5 – Comparison of 50/60 Hz Power –

November 2006

## Introduction

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 Metrology Cooperation (EUROMET) from 1996 to 2001 (EUROMET.EM-K5, Project 385) is carried out following the example of F. Delahaye and T.J. Witt [1].

Both comparisons – CCEM-K5 and EUROMET.EM-K5 – cover the same range of AC power measurements, and as the report for the EUROMET.EM-K5 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 [2] for CCEM-K5 and from [3] for EUROMET.EM-K5. In both cases, the data used for the linking process are listed in Table 4, Differences and Combined Standard Uncertainties in  $\mu\text{W}/(\text{VA})$ .

Four laboratories participated in both comparisons. Each was asked if its results should be used to link the comparison results and, if so, to provide a 1- $\sigma$  estimate of the uncertainty corresponding to the imperfect *reproducibility* ([4], definition 3.7) of its measurements during the time including its measurements for the two comparisons. One of these participants, SP, proposed that its results should not be used for linking the comparison results (cf. annexed statement of SP). Two of the linking NMIs, IEN and NPL, performed the CCEM-K5 and the EUROMET.EM-K5 measurements practically at the same time, therefore their Type A uncertainty components were used. For the third NMI, which acted as the pilot laboratory during the EUROMET.EM-K5 measurements, the uncertainty of the mean of its measurements was used corresponding to the imperfect reproducibility.

## 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 a linking laboratory;

$D'_c$ : result from EUROMET.EM-K5 for a linking laboratory;

$D'_e$ : result from a laboratory participating in EUROMET.EM-K5 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, so

$$D_e = D'_e + d.$$

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. Because of remarkable variations in uncertainty among linking laboratories,  $d$  is calculated as a weighted mean of the estimates of  $d_c$  from the  $C$  (three) linking laboratories:

$$d = \sum_{c=1}^C w_c \times d_c.$$

The weight  $w_c$  is calculated from

$$w_c = (1/s_c^2) / \sum_{c=1}^C 1/s_c^2$$

where  $s_c$ , 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 EUROMET comparison, and  $r_c$  is the uncertainty associated with the imperfect reproducibility of the results of laboratory  $c$  in the time period spanning its two measurements (whence the factor of 2) in the CCEM-K5 and EUROMET comparisons.

## **Results**

Tables 1.1 to 1.5 list the elements entering into the calculation of  $d$ . For the five different power factors, the results for  $d$  together with the standard deviation calculated on the basis of internal consistency,  $1/\text{var}(d) = \sum_C [1/\text{var}(d_c)]$ , and the variance based on external consistency,  $\text{var}_{\text{ex}}(d) = [\sum_C w_c \times (d_c - d)^2] / (C - 1)$ , are listed in Table 2. The Birge ratio [5] (pp. 430-431), the quotient of the standard deviation based on external consistency divided by the standard deviation based on internal consistency, is also given in Table 2. Here this value is found between 0,31 and 0,73, depending on the power factor, this is far from unity, indicating poor consistency between the variations from laboratory to laboratory and the uncertainties estimated by the laboratories. Alternatively, one can test the null hypothesis  $H_0$ : "there is no significant difference between the observed variance,  $\text{var}_{\text{ex}}(d)$ , and the variance deduced using the laboratories' reproducibility estimates". The values of  $\chi^2 = (C-1) \text{var}_{\text{ex}}(d) / \text{var}(d)$  are also listed in Table 2. From tables of  $\chi^2$ ,  $H_0$  is rejected at the 95 % confidence level if  $\chi^2(2, 0.05) > 5,99$ . This is not the case, so  $H_0$  is not rejected.

Tables 3.1 to 3.5 list the elements entering into the calculation of  $D_e$  and its uncertainty  $\sigma_e$  for  $k = 2$ . The four uncertainty components are the uncertainty of the reference value in CCEM-K5,  $s_{\text{ref}}$ , the uncertainty of  $d$ ,  $s_d$ , the transfer uncertainty in the EUROMET comparison,  $t_e'$ , and the laboratory measurement uncertainty in that comparison,  $\sigma_e'$ .

In Table 4 the differences and combined expanded standard uncertainties with respect to the CCEM-K5 key-comparison reference values are listed for all CCEM-K5 participants and all EUROMET.EM-K5 participants.

Tables 5.1 to 5.5 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 EUROMET comparison, including linking laboratories; (2) laboratories that participated in the EUROMET comparison only; and (3) laboratories that participated in the CCEM comparison, including linking laboratories. In these Tables,  $D_e'$  are the differences of all EUROMET.EM-K5 participants with respect to the EUROMET-CRV,  $D_e$  are the differences of those NMIs, who only participated in the EUROMET.EM-K5, with respect to the CCEM comparison ( $D_e = D_e' + d$ ), and  $D_{\text{CCEM}}$  are the differences of all NMIs, who participated in the CCEM-K5, with respect to the CCEM comparison; and  $U_E$  and  $U_{\text{CCEM}}$  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 6.1 to 6.5 show the proposed tables of bilateral equivalences, with uncertainties for  $k = 2$ , between any laboratory  $i$  amongst the 28 participating laboratories and any laboratory  $j$  amongst the 13 laboratories who participated in EUROMET.EM-K5 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 EUROMET comparison.

For example, the degree of equivalence between the NPL and the AREPA, a pair of laboratories who participated in the EUROMET comparison, and one of which served as a linking laboratory, is calculated by subtracting the AREPA result with respect to the reference value in CCEM-K5, Table 5.1 column 3, -0.5, from the NPL result with respect to the reference value in CCEM-K5, Table 5.1 column 4, 8.0;  $8.0 - (-0.5) = 8.5$ . The uncertainty for the NPL and that for the AREPA are the quadrature sums of the elements in the corresponding row of Table 5.1, columns 5, 6 and 7, i.e. the total uncertainties in the EUROMET 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 NPL and the AREPA is the uncertainty in the degree of equivalence, 101.9.

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 EUROMET comparison with an NMI that participated only in the CCEM comparison is the pair NIST and AREPA. The entry in column 2 of Table 6.1 for this pair of laboratories is calculated by subtracting the AREPA result referenced to the KCRV from Table 5.1, column 3 from the NIST result obtained in the CCEM comparison, Table 5.1, column 4;  $-7.0 - (-0.5) = -6.5$ . 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 5.1, column 12. This, added in quadrature with the uncertainty for the AREPA given in Table 5.1, column 7 and with the uncertainty in the difference  $d$  given in Table 5.1 column 8, gives the uncertainty in the degree of equivalence, 98.2.

Finally the data in Tables 3.x and 6.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 EUROMET.EM-K5 results. Tables 7.1 to 7.5 show these full completed matrices for the 28 participating laboratories. The degrees of equivalence with respect to the KCRV from CCEM-K5 ( $D_{i,KCRV}$  and  $U_{D_{i,KCRV}}$  in Table 4) are also shown under the form of a graph (Figures 1 to 5).

## **Conclusion**

The procedure proposed by F. Delahaye and T.J. Witt [1] has been accepted by the CCEM, and it is hoped that this will be also the case for this link between CCEM-K5 and EUROMET.EM-K5. As the number of total participants (28) is rather high, the full matrices of equivalence (Tables 7.1 to 7.5) are not too good readable when printed on DIN A4 paper. Therefore the main results of the linking procedure can be taken from Table 4, Differences and Combined Standard Uncertainties with respect to the KCRV, and from the graphs, Figures 1 to 5.

## References

- [1] F. Delahaye, T. J. Witt, *Linking the Results of Key Comparison CCEM-K4 with the 10 pF Results of EUROMET Project 345*, *Metrologia*, 2002, **39**, Tech. Suppl., 01005.
- [2] N. Oldham et al., *Final Report CCEM-K5 Comparison of 50/60 Hz Power*, June 2002, ??.
- [3] *Final Report EUROMET.EM-K5 Comparison of 50/60 Hz Power*, to be published.
- [4] *International Vocabulary of Basic and General Terms in Metrology*, ISO, Geneva, 1993.
- [5] B.N Taylor, W.H. Parker, D .N. Langenberg, *Determination of  $e/h$ , using macroscopic quantum phase coherence in superconductors: implications for quantum electrodynamics and the fundamental physical constants*, *Rev. Mod. Phys*, 41, pp. 375-496, 1969.

Tables 1.1 to 1.5 Values and uncertainties, for  $k=2$ , associated with the linking laboratories, the resulting weights, and calculation of  $d$ .

**Table 1.1 Power factor: 1,0**

| Lab           | $D_c/10^{-6}$ | $D'_c/10^{-6}$ | $d_c/10^{-6}$ | $t_c/10^{-6}$ | $t'_c/10^{-6}$ | $r_c/10^{-6}$ | $s_c/10^{-6}$ | $w_c$ | $1/s_c^2$         | $w_c*d_c$    | $w_c*(d_c-d)^2$         |
|---------------|---------------|----------------|---------------|---------------|----------------|---------------|---------------|-------|-------------------|--------------|-------------------------|
| IEN           | -7,0          | -5,8           | -1,2          | 30,0          | 32,0           | 1,0           | 43,9          | 0,198 | 0,000519          | -0,237084    | 22,33494                |
| NPL           | 8,0           | -8,2           | 16,2          | 32,0          | 33,6           | 4,0           | 46,7          | 0,174 | 0,000458          | 2,821293     | 7,97627                 |
| PTB           | 0,0           | -10,9          | 10,9          | 10,0          | 21,5           | 4,7           | 24,6          | 0,628 | 0,001651          | 6,848213     | 1,35317                 |
|               |               |                |               |               |                |               |               |       | 0,002628          | 9,432422     | 31,66438                |
| $d/10^{-6} =$ |               |                |               |               |                |               |               |       | $=\Sigma 1/s_c^2$ | $=d/10^{-6}$ | $=\Sigma w_c*(d_c-d)^2$ |
|               |               |                |               |               |                |               |               |       |                   |              | 9,4                     |

**Table 1.2 Power factor: 0,5 lead**

| Lab           | $D_c/10^{-6}$ | $D'_c/10^{-6}$ | $d_c/10^{-6}$ | $t_c/10^{-6}$ | $t'_c/10^{-6}$ | $r_c/10^{-6}$ | $s_c/10^{-6}$ | $w_c$ | $1/s_c^2$         | $w_c*d_c$    | $w_c*(d_c-d)^2$         |
|---------------|---------------|----------------|---------------|---------------|----------------|---------------|---------------|-------|-------------------|--------------|-------------------------|
| IEN           | -10,0         | 7,8            | -17,8         | 30,0          | 30,4           | 0,6           | 42,7          | 0,165 | 0,000548          | -2,934038    | 11,13277                |
| NPL           | -12,0         | -2,4           | -9,6          | 26,0          | 26,6           | 4,0           | 37,6          | 0,212 | 0,000706          | -2,039966    | 0,00007                 |
| PTB           | -7,0          | 0,4            | -7,4          | 10,0          | 19,1           | 3,0           | 22,0          | 0,623 | 0,002070          | -4,607757    | 2,96396                 |
|               |               |                |               |               |                |               |               |       | 0,003324          | -9,581762    | 14,09680                |
| $d/10^{-6} =$ |               |                |               |               |                |               |               |       | $=\Sigma 1/s_c^2$ | $=d/10^{-6}$ | $=\Sigma w_c*(d_c-d)^2$ |
|               |               |                |               |               |                |               |               |       |                   |              | -9,6                    |

**Table 1.3 Power factor: 0,5 lag**

| Lab           | $D_c/10^{-6}$ | $D'_c/10^{-6}$ | $d_c/10^{-6}$ | $t_c/10^{-6}$ | $t'_c/10^{-6}$ | $r_c/10^{-6}$ | $s_c/10^{-6}$ | $w_c$ | $1/s_c^2$         | $w_c*d_c$    | $w_c*(d_c-d)^2$         |
|---------------|---------------|----------------|---------------|---------------|----------------|---------------|---------------|-------|-------------------|--------------|-------------------------|
| IEN           | 2,0           | -5,2           | 7,2           | 30,0          | 30,6           | 0,8           | 42,9          | 0,169 | 0,000544          | 1,216287     | 16,15431                |
| NPL           | 19,0          | 2,1            | 16,9          | 26,0          | 26,8           | 4,0           | 37,8          | 0,218 | 0,000701          | 3,678393     | 0,00136                 |
| PTB           | 12,0          | -7,7           | 19,7          | 10,0          | 19,3           | 4,1           | 22,5          | 0,613 | 0,001976          | 12,084272    | 4,54179                 |
|               |               |                |               |               |                |               |               |       | 0,003221          | 16,978952    | 20,69745                |
| $d/10^{-6} =$ |               |                |               |               |                |               |               |       | $=\Sigma 1/s_c^2$ | $=d/10^{-6}$ | $=\Sigma w_c*(d_c-d)^2$ |
|               |               |                |               |               |                |               |               |       |                   |              | 17,0                    |

**Table 1.4 Power factor: 0,0 lead**

| Lab | $D_c/10^{-6}$ | $D'_c/10^{-6}$ | $d_c/10^{-6}$ | $t_c/10^{-6}$ | $t'_c/10^{-6}$ | $r_c/10^{-6}$ | $s_c/10^{-6}$ | $w_c$ | $1/s_c^2$         | $w_c*d_c$    | $w_c*(d_c-d)^2$         |
|-----|---------------|----------------|---------------|---------------|----------------|---------------|---------------|-------|-------------------|--------------|-------------------------|
| IEN | -14,0         | 11,9           | -25,9         | 31,0          | 30,4           | 0,8           | 43,4          | 0,169 | 0,000530          | -4,374982    | 27,11815                |
| NPL | -28,0         | -3,5           | -24,5         | 29,0          | 26,5           | 4,0           | 39,7          | 0,202 | 0,000635          | -4,956055    | 25,69519                |
| PTB | -4,0          | 2,2            | -6,2          | 12,0          | 18,9           | 1,7           | 22,5          | 0,629 | 0,001973          | -3,898522    | 31,07166                |
|     |               |                |               |               |                |               |               |       | 0,003138          | -13,229559   | 83,88500                |
|     |               |                | $d/10^{-6} =$ | -13,2         |                |               |               |       | $=\Sigma 1/s_c^2$ | $=d/10^{-6}$ | $=\Sigma w_c*(d_c-d)^2$ |

**Table 1.5 Power factor: 0,0 lag**

| Lab | $D_c/10^{-6}$ | $D'_c/10^{-6}$ | $d_c/10^{-6}$ | $t_c/10^{-6}$ | $t'_c/10^{-6}$ | $r_c/10^{-6}$ | $s_c/10^{-6}$ | $w_c$ | $1/s_c^2$         | $w_c*d_c$    | $w_c*(d_c-d)^2$         |
|-----|---------------|----------------|---------------|---------------|----------------|---------------|---------------|-------|-------------------|--------------|-------------------------|
| IEN | 0,0           | 2,0            | -2,0          | 32,0          | 30,2           | 0,8           | 44,0          | 0,171 | 0,000516          | -0,341214    | 12,76142                |
| NPL | 14,0          | 8,0            | 6,0           | 28,0          | 26,3           | 4,0           | 38,8          | 0,219 | 0,000663          | 1,315339     | 0,09225                 |
| PTB | 7,0           | -2,3           | 9,3           | 11,0          | 19,4           | 4,7           | 23,3          | 0,610 | 0,001846          | 5,674578     | 4,28911                 |
|     |               |                |               |               |                |               |               |       | 0,003026          | 6,648703     | 17,14279                |
|     |               |                | $d/10^{-6} =$ | 6,6           |                |               |               |       | $=\Sigma 1/s_c^2$ | $=d/10^{-6}$ | $=\Sigma w_c*(d_c-d)^2$ |

**Table 2. Correction  $d$ , standard deviation, Birge ratio, and  $\chi^2$**

| Power Factor | $d$                          | $s(d)$                       | $s_{ex}(d)$                  | $s_{ex}(d)/s(d)$ | $\chi^2$ |
|--------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------|----------|
|              | in $\mu\text{W}/(\text{VA})$ | in $\mu\text{W}/(\text{VA})$ | in $\mu\text{W}/(\text{VA})$ | (Birge ratio)    |          |
| 1.0          | 9,4                          | 9,8                          | 4,0                          | 0,41             | 0,333    |
| 0.5 Lead     | -9,6                         | 8,7                          | 2,7                          | 0,31             | 0,187    |
| 0.5 Lag      | 17,0                         | 8,8                          | 3,2                          | 0,37             | 0,267    |
| 0.0 Lead     | -13,2                        | 8,9                          | 6,5                          | 0,73             | 1,053    |
| 0.0 Lag      | 6,6                          | 9,1                          | 2,9                          | 0,32             | 0,207    |

Tables 3.1 to 3.5 Values, component uncertainties, for  $k = 2$ , and total uncertainties for NMIs that participated only in EUROMET.EM-K5. In bold are the values and uncertainties for the results for these NMIs referenced to the CCEM-K5 KCRV.

**Table 3.1 Power factor: 1,0  $d/10^{-6} = 9,4$**

| Lab       | $D_e'/10^{-6}$ | $D_e/10^{-6}$ | $s_{ref}/10^{-6}$ | $s_d/10^{-6}$ | $t_e'/10^{-6}$ | $\sigma_e'/10^{-6}$ | $\sigma_e/10^{-6}$ |
|-----------|----------------|---------------|-------------------|---------------|----------------|---------------------|--------------------|
| Arepa     | -10,0          | <b>-0,5</b>   | 10,4              | 19,5          | 12,8           | 94,0                | <b>97,4</b>        |
| INETI     | -12,1          | <b>-2,7</b>   | 10,4              | 19,5          | 12,8           | 71,3                | <b>75,7</b>        |
| BMS       | 45,1           | <b>54,5</b>   | 10,4              | 19,5          | 12,8           | 38,2                | <b>45,9</b>        |
| BEV       | -67,9          | <b>-58,4</b>  | 10,4              | 19,5          | 12,8           | 70,0                | <b>74,5</b>        |
| EAM/METAS | -22,5          | <b>-13,1</b>  | 10,4              | 19,5          | 12,8           | 54,5                | <b>60,2</b>        |
| CMI       | -3,0           | <b>6,4</b>    | 10,4              | 19,5          | 12,8           | 70,0                | <b>74,5</b>        |
| OMH       | 37,2           | <b>46,6</b>   | 10,4              | 19,5          | 12,8           | 170,0               | <b>171,9</b>       |
| JV        | 19,8           | <b>29,2</b>   | 10,4              | 19,5          | 12,8           | 69,0                | <b>73,6</b>        |
| CEM       | -11,0          | <b>-1,6</b>   | 10,4              | 19,5          | 12,8           | 66,0                | <b>70,8</b>        |
| GUM       | 13,6           | <b>23,1</b>   | 10,4              | 19,5          | 12,8           | 75,6                | <b>79,8</b>        |
| VTT/MIKES | 32,3           | <b>41,8</b>   | 10,4              | 19,5          | 12,8           | 34,4                | <b>42,8</b>        |
| NMi/VSL   | 8,9            | <b>18,3</b>   | 10,4              | 19,5          | 12,8           | 10,0                | <b>27,4</b>        |
| UME       | 5,8            | <b>15,2</b>   | 10,4              | 19,5          | 12,8           | 72,5                | <b>76,9</b>        |

**Table 3.2 Power factor: 0,5 lead  $d/10^{-6} = -9,6$**

| Lab       | $D_e'/10^{-6}$ | $D_e/10^{-6}$ | $s_{ref}/10^{-6}$ | $s_d/10^{-6}$ | $t_e'/10^{-6}$ | $\sigma_e'/10^{-6}$ | $\sigma_e/10^{-6}$ |
|-----------|----------------|---------------|-------------------|---------------|----------------|---------------------|--------------------|
| Arepa     | -20,3          | <b>-29,9</b>  | 9,8               | 17,3          | 7,0            | 100,0               | <b>102,2</b>       |
| INETI     | -9,7           | <b>-19,3</b>  | 9,8               | 17,3          | 7,0            | 151,0               | <b>152,5</b>       |
| BMS       | 20,4           | <b>10,8</b>   | 9,8               | 17,3          | 7,0            | 38,2                | <b>43,7</b>        |
| BEV       | -18,2          | <b>-27,8</b>  | 9,8               | 17,3          | 7,0            | 70,0                | <b>73,1</b>        |
| EAM/METAS | 13,0           | <b>3,4</b>    | 9,8               | 17,3          | 7,0            | 48,1                | <b>52,5</b>        |
| CMI       | -18,8          | <b>-28,3</b>  | 9,8               | 17,3          | 7,0            | 60,0                | <b>63,6</b>        |
| OMH       | -18,7          | <b>-28,2</b>  | 9,8               | 17,3          | 7,0            | 170,0               | <b>171,3</b>       |
| JV        | 14,6           | <b>5,0</b>    | 9,8               | 17,3          | 7,0            | 69,0                | <b>72,2</b>        |
| CEM       | -50,9          | <b>-60,5</b>  | 9,8               | 17,3          | 7,0            | 66,0                | <b>69,3</b>        |
| GUM       | 8,9            | <b>-0,6</b>   | 9,8               | 17,3          | 7,0            | 74,6                | <b>77,5</b>        |
| VTT/MIKES | 9,8            | <b>0,3</b>    | 9,8               | 17,3          | 7,0            | 20,0                | <b>29,1</b>        |
| NMi/VSL   | -13,2          | <b>-22,8</b>  | 9,8               | 17,3          | 7,0            | 50,0                | <b>54,3</b>        |
| UME       | 39,0           | <b>29,4</b>   | 9,8               | 17,3          | 7,0            | 72,5                | <b>75,5</b>        |

Table 3.3

Power factor: 0,5 lag

$d/10^{-6} = 17,0$

| Lab       | $D_e'/10^{-6}$ | $D_e/10^{-6}$ | $s_{ref}/10^{-6}$ | $s_d/10^{-6}$ | $t_e'/10^{-6}$ | $\sigma_e'/10^{-6}$ | $\sigma_e/10^{-6}$ |
|-----------|----------------|---------------|-------------------|---------------|----------------|---------------------|--------------------|
| Arepa     | -3,5           | <b>13,5</b>   | 9,8               | 17,6          | 7,9            | 100,0               | <b>102,3</b>       |
| INETI     | 1,1            | <b>18,1</b>   | 9,8               | 17,6          | 7,9            | 194,0               | <b>195,2</b>       |
| BMS       | 31,9           | <b>48,9</b>   | 9,8               | 17,6          | 7,9            | 38,2                | <b>43,9</b>        |
| BEV       | -14,2          | <b>2,8</b>    | 9,8               | 17,6          | 7,9            | 70,0                | <b>73,3</b>        |
| EAM/METAS | -21,2          | <b>-4,3</b>   | 9,8               | 17,6          | 7,9            | 48,1                | <b>52,7</b>        |
| CMI       | -19,6          | <b>-2,6</b>   | 9,8               | 17,6          | 7,9            | 60,0                | <b>63,8</b>        |
| OMH       | 57,8           | <b>74,8</b>   | 9,8               | 17,6          | 7,9            | 170,0               | <b>171,4</b>       |
| JV        | 17,9           | <b>34,9</b>   | 9,8               | 17,6          | 7,9            | 69,0                | <b>72,3</b>        |
| CEM       | 64,9           | <b>81,9</b>   | 9,8               | 17,6          | 7,9            | 66,0                | <b>69,5</b>        |
| GUM       | 5,7            | <b>22,7</b>   | 9,8               | 17,6          | 7,9            | 74,6                | <b>77,7</b>        |
| VTT/MIKES | 16,0           | <b>33,0</b>   | 9,8               | 17,6          | 7,9            | 20,0                | <b>29,5</b>        |
| NMi/VSL   | 15,4           | <b>32,4</b>   | 9,8               | 17,6          | 7,9            | 50,0                | <b>54,5</b>        |
| UME       | -42,1          | <b>-25,2</b>  | 9,8               | 17,6          | 7,9            | 72,5                | <b>75,7</b>        |

Table 3.4 Power factor:

0,0 lead

$d/10^{-6} = -13,2$

| Lab       | $D_e'/10^{-6}$ | $D_e/10^{-6}$ | $s_{ref}/10^{-6}$ | $s_d/10^{-6}$ | $t_e'/10^{-6}$ | $\sigma_e'/10^{-6}$ | $\sigma_e/10^{-6}$ |
|-----------|----------------|---------------|-------------------|---------------|----------------|---------------------|--------------------|
| Arepa     | -21,0          | <b>-34,2</b>  | 8,0               | 17,9          | 5,3            | 140,0               | <b>141,5</b>       |
| INETI     | -216,4         | <b>-229,7</b> | 8,0               | 17,9          | 5,3            | 482,0               | <b>482,4</b>       |
| BMS       | 8,7            | <b>-4,5</b>   | 8,0               | 17,9          | 5,3            | 27,4                | <b>34,1</b>        |
| BEV       | 2,8            | <b>-10,5</b>  | 8,0               | 17,9          | 5,3            | 220,0               | <b>220,9</b>       |
| EAM/METAS | 23,3           | <b>10,1</b>   | 8,0               | 17,9          | 5,3            | 45,8                | <b>50,1</b>        |
| CMI       | -57,6          | <b>-70,8</b>  | 8,0               | 17,9          | 5,3            | 50,0                | <b>53,9</b>        |
| OMH       | 37,5           | <b>24,2</b>   | 8,0               | 17,9          | 5,3            | 170,0               | <b>171,2</b>       |
| JV        | -1,2           | <b>-14,5</b>  | 8,0               | 17,9          | 5,3            | 69,0                | <b>71,9</b>        |
| CEM       | n.a.           | n.a.          | n.a.              | n.a.          | n.a.           | n.a.                | n.a.               |
| GUM       | 7,8            | <b>-5,5</b>   | 8,0               | 17,9          | 5,3            | 74,2                | <b>76,9</b>        |
| VTT/MIKES | -11,6          | <b>-24,9</b>  | 8,0               | 17,9          | 5,3            | 11,6                | <b>23,3</b>        |
| NMi/VSL   | -20,2          | <b>-33,4</b>  | 8,0               | 17,9          | 5,3            | 170,0               | <b>171,2</b>       |
| UME       | -2,6           | <b>-15,9</b>  | 8,0               | 17,9          | 5,3            | 71,5                | <b>74,3</b>        |

Table 3.5

Power factor: 0,0 lag

$d/10^{-6} = 6,6$

| Lab       | $D_e'/10^{-6}$ | $D_e/10^{-6}$ | $s_{ref}/10^{-6}$ | $s_d/10^{-6}$ | $t_e'/10^{-6}$ | $\sigma_e'/10^{-6}$ | $\sigma_e/10^{-6}$ |
|-----------|----------------|---------------|-------------------|---------------|----------------|---------------------|--------------------|
| Arepa     | -0,8           | <b>5,9</b>    | 7,8               | 18,2          | 4,1            | 140,0               | <b>141,4</b>       |
| INETI     | 18,4           | <b>25,0</b>   | 7,8               | 18,2          | 4,1            | 295,0               | <b>295,7</b>       |
| BMS       | 24,0           | <b>30,7</b>   | 7,8               | 18,2          | 4,1            | 27,4                | <b>34,0</b>        |
| BEV       | 11,5           | <b>18,2</b>   | 7,8               | 18,2          | 4,1            | 220,0               | <b>220,9</b>       |
| EAM/METAS | -10,0          | <b>-3,3</b>   | 7,8               | 18,2          | 4,1            | 45,8                | <b>50,1</b>        |
| CMI       | -117,1         | <b>-110,5</b> | 7,8               | 18,2          | 4,1            | 50,0                | <b>53,9</b>        |
| OMH       | -24,2          | <b>-17,5</b>  | 7,8               | 18,2          | 4,1            | 170,0               | <b>171,2</b>       |
| JV        | -1,8           | <b>4,9</b>    | 7,8               | 18,2          | 4,1            | 69,0                | <b>71,9</b>        |
| CEM       | n.a.           | n.a.          | n.a.              | n.a.          | n.a.           | n.a.                | n.a.               |
| GUM       | 13,3           | <b>19,9</b>   | 7,8               | 18,2          | 4,1            | 74,2                | <b>76,9</b>        |
| VTT/MIKES | -5,3           | <b>1,4</b>    | 7,8               | 18,2          | 4,1            | 11,6                | <b>23,3</b>        |
| NMi/VSL   | 4,1            | <b>10,8</b>   | 7,8               | 18,2          | 4,1            | 170,0               | <b>171,2</b>       |
| UME       | -28,7          | <b>-22,1</b>  | 7,8               | 18,2          | 4,1            | 71,5                | <b>74,3</b>        |



**Table 4 Differences and Combined Standard Uncertainties in  $\mu\text{W}/(\text{VA})$**

| $D_{i,\text{KCRV}}$     | Differences   |                     |                         |                     |                         |                     |                         |                     |                         |                     |                         |
|-------------------------|---|---------------------|-------------------------|---------------------|-------------------------|---------------------|-------------------------|---------------------|-------------------------|---------------------|-------------------------|
| $U_{D_{i,\text{KCRV}}}$ | Expanded combined standard uncertainties of $D_{i,\text{KCRV}}$ ( $k=2$ ) |                     |                         |                     |                         |                     |                         |                     |                         |                     |                         |
| i                       |   | 1.0 pf              |                         | 0.5 Lead            |                         | 0.5 Lag             |                         | 0.0 Lead            |                         | 0.0Lag              |                         |
|                         | NMI   | $D_{i,\text{KCRV}}$ | $U_{D_{i,\text{KCRV}}}$ | $D_{i,\text{KCRV}}$ | $U_{D_{i,\text{KCRV}}}$ | $D_{i,\text{KCRV}}$ | $U_{D_{i,\text{KCRV}}}$ | $D_{i,\text{KCRV}}$ | $U_{D_{i,\text{KCRV}}}$ | $D_{i,\text{KCRV}}$ | $U_{D_{i,\text{KCRV}}}$ |
| 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                      | Arepa   | -0,5                | 97,4                    | -29,9               | 102,2                   | 13,5                | 102,3                   | -34,2               | 141,5                   | 5,9                 | 141,4                   |
| 17                      | INETI   | -2,7                | 75,7                    | -19,3               | 152,5                   | 18,1                | 195,2                   | -229,7              | 482,4                   | 25,0                | 295,7                   |
| 18                      | BMS   | 54,5                | 45,9                    | 10,8                | 43,7                    | 48,9                | 43,9                    | -4,5                | 34,1                    | 30,7                | 34,0                    |
| 19                      | BEV   | -58,4               | 74,5                    | -27,8               | 73,1                    | 2,8                 | 73,3                    | -10,5               | 220,9                   | 18,2                | 220,9                   |
| 20                      | EAM/METAS   | -13,1               | 60,2                    | 3,4                 | 52,5                    | -4,3                | 52,7                    | 10,1                | 50,1                    | -3,3                | 50,1                    |
| 21                      | CMI   | 6,4                 | 74,5                    | -28,3               | 63,6                    | -2,6                | 63,8                    | -70,8               | 53,9                    | -110,5              | 53,9                    |
| 22                      | OMH   | 46,6                | 171,9                   | -28,2               | 171,3                   | 74,8                | 171,4                   | 24,2                | 171,2                   | -17,5               | 171,2                   |
| 23                      | JV  | 29,2                | 73,6                    | 5,0                 | 72,2                    | 34,9                | 72,3                    | -14,5               | 71,9                    | 4,9                 | 71,9                    |
| 24                      | CEM   | -1,6                | 70,8                    | -60,5               | 69,3                    | 81,9                | 69,5                    | n.a.                | n.a.                    | n.a.                | n.a.                    |
| 25                      | GUM   | 23,1                | 79,8                    | -0,6                | 77,5                    | 22,7                | 77,7                    | -5,5                | 76,9                    | 19,9                | 76,9                    |
| 26                      | VTT/MIKES   | 41,8                | 42,8                    | 0,3                 | 29,1                    | 33,0                | 29,5                    | -24,9               | 23,3                    | 1,4                 | 23,3                    |
| 27                      | NMI/VSL   | 18,3                | 27,4                    | -22,8               | 54,3                    | 32,4                | 54,5                    | -33,4               | 171,2                   | 10,8                | 171,2                   |
| 28                      | UME   | 15,2                | 76,9                    | 29,4                | 75,5                    | -25,2               | 75,7                    | -15,9               | 74,3                    | -22,1               | 74,3                    |

Tables 5.1 to 5.5 Values from EUROMET Project EM-K5 referenced to the EUROMET 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 EUROMET project EM-K5.

Table 5.1 Power factor: 1,0

| Lab i            | $D_e'/10^{-6}$ | $D_e/10^{-6}$ | $D_{CCEM}/10^{-6}$ | $U_E/10^{-6}$ | $t_E/10^{-6}$ | $U_{CE}/10^{-6}$<br>$=Q(U_E, t_E)$ | $U_d/10^{-6}$ | $Q(U_{CE}, U_d)$<br>$/10^{-6}$ | $U_{CCEM}/10^{-6}$ | $t_{CCEM}/10^{-6}$ | $Q(U_{CCEM}, t_{CCEM})$<br>$/10^{-6}$ |
|------------------|----------------|---------------|--------------------|---------------|---------------|------------------------------------|---------------|--------------------------------|--------------------|--------------------|---------------------------------------|
| NIST             |                |               | -7,0               |               |               |                                    |               |                                | 12,0               | 3,6                | 12,5                                  |
| CSIRO-NML        |                |               | -1,0               |               |               |                                    |               |                                | 14,0               | 3,6                | 14,5                                  |
| <b>NPL</b>       | -8,2           |               | 8,0                | 33,6          | 12,8          | 35,9                               |               |                                |                    |                    |                                       |
| <b>IEN</b>       | -5,8           |               | -7,0               | 32,0          | 12,8          | 34,5                               |               |                                |                    |                    |                                       |
| INTI             |                |               | 15,0               |               |               |                                    |               |                                | 20,0               | 3,6                | 20,3                                  |
| VNIIM            |                |               | 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                                  |
| <b>PTB</b>       | -10,9          |               | 0,0                | 21,5          | 12,8          | 25,0                               |               |                                |                    |                    |                                       |
| 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                                  |
| <b>SP</b>        | -39,6          |               | 1,0                | 31,6          | 12,8          | 34,1                               |               |                                |                    |                    |                                       |
| <b>Arepa</b>     | -10,0          | -0,5          |                    | 94,5          | 12,8          | 95,4                               | 19,5          | 97,4                           |                    |                    |                                       |
| <b>INETI</b>     | -12,1          | -2,7          |                    | 72,0          | 12,8          | 73,1                               | 19,5          | 75,7                           |                    |                    |                                       |
| <b>BMS</b>       | 45,1           | 54,5          |                    | 39,6          | 12,8          | 41,6                               | 19,5          | 45,9                           |                    |                    |                                       |
| <b>BEV</b>       | -67,9          | -58,4         |                    | 70,7          | 12,8          | 71,9                               | 19,5          | 74,5                           |                    |                    |                                       |
| <b>EAM/METAS</b> | -22,5          | -13,1         |                    | 55,4          | 12,8          | 56,9                               | 19,5          | 60,1                           |                    |                    |                                       |
| <b>CMI</b>       | -3,0           | 6,4           |                    | 70,7          | 12,8          | 71,8                               | 19,5          | 74,4                           |                    |                    |                                       |
| <b>OMH</b>       | 37,2           | 46,6          |                    | 170,3         | 12,8          | 170,8                              | 19,5          | 171,9                          |                    |                    |                                       |
| <b>JV</b>        | 19,8           | 29,2          |                    | 69,6          | 12,8          | 70,8                               | 19,5          | 73,4                           |                    |                    |                                       |
| <b>CEM</b>       | -11,0          | -1,6          |                    | 66,6          | 12,8          | 67,8                               | 19,5          | 70,6                           |                    |                    |                                       |
| <b>GUM</b>       | 13,6           | 23,1          |                    | 76,2          | 12,8          | 77,2                               | 19,5          | 79,6                           |                    |                    |                                       |
| <b>VTT/MIKES</b> | 32,3           | 41,8          |                    | 36,0          | 12,8          | 38,1                               | 19,5          | 42,8                           |                    |                    |                                       |
| <b>NMi/VSL</b>   | 8,9            | 18,3          |                    | 15,5          | 12,8          | 20,1                               | 19,5          | 28,0                           |                    |                    |                                       |
| <b>UME</b>       | 5,8            | 15,2          |                    | 73,3          | 12,8          | 74,4                               | 19,5          | 76,9                           |                    |                    |                                       |

**Table 5.2 Power factor: 0,5 lead**

| Lab i            | $D_e'/10^{-6}$ | $D_e/10^{-6}$ | $D_{CCEM}/10^{-6}$ | $U_E/10^{-6}$ | $t_E/10^{-6}$ | $U_{CE}/10^{-6}$<br>$=Q(U_E, t_E)$ | $U_d/10^{-6}$ | $Q(U_{CE}, U_d)/10^{-6}$ | $U_{CCEM}/10^{-6}$ | $t_{CCEM}/10^{-6}$ | $Q(U_{CCEM}, t_{CCEM})/10^{-6}$ |
|------------------|----------------|---------------|--------------------|---------------|---------------|------------------------------------|---------------|--------------------------|--------------------|--------------------|---------------------------------|
| NIST             |                |               | 1,0                |               |               |                                    |               |                          | 12,0               | 5,0                | 13,0                            |
| CSIRO-NML        |                |               | -1,0               |               |               |                                    |               |                          | 16,0               | 5,0                | 16,8                            |
| <b>NPL</b>       | -2,4           |               | -12,0              | 26,6          | 7,0           | 27,5                               |               |                          |                    |                    |                                 |
| <b>IEN</b>       | 7,8            |               | -10,0              | 30,4          | 7,0           | 31,2                               |               |                          |                    |                    |                                 |
| INTI             |                |               | 9,0                |               |               |                                    |               |                          | 34,0               | 5,0                | 34,4                            |
| VNIIM            |                |               | -15,0              |               |               |                                    |               |                          | 28,0               | 5,0                | 28,5                            |
| NRC              |                |               | 5,0                |               |               |                                    |               |                          | 12,0               | 5,0                | 13,0                            |
| PSB              |                |               | -3,0               |               |               |                                    |               |                          | 62,0               | 5,0                | 62,2                            |
| <b>PTB</b>       | 0,4            |               | -7,0               | 19,1          | 7,0           | 20,4                               |               |                          |                    |                    |                                 |
| INMETRO          |                |               | 15,0               |               |               |                                    |               |                          | 60,0               | 5,0                | 60,2                            |
| CENAM            |                |               | -2,0               |               |               |                                    |               |                          | 34,0               | 5,0                | 34,4                            |
| NIM              |                |               | 13,0               |               |               |                                    |               |                          | 12,0               | 5,0                | 13,0                            |
| MSL              |                |               | 5,0                |               |               |                                    |               |                          | 30,0               | 5,0                | 30,4                            |
| CSIR-NML         |                |               | -14,0              |               |               |                                    |               |                          | 80,0               | 5,0                | 80,2                            |
| <b>SP</b>        | -12,1          |               | -8,0               | 19,4          | 7,0           | 20,7                               |               |                          |                    |                    |                                 |
| <b>Arepa</b>     | -20,3          | -29,9         |                    | 99,9          | 7,0           | 100,1                              | 17,3          | 101,6                    |                    |                    |                                 |
| <b>INETI</b>     | -9,7           | -19,3         |                    | 150,9         | 7,0           | 151,1                              | 17,3          | 152,1                    |                    |                    |                                 |
| <b>BMS</b>       | 20,4           | 10,8          |                    | 37,9          | 7,0           | 38,6                               | 17,3          | 42,3                     |                    |                    |                                 |
| <b>BEV</b>       | -18,2          | -27,8         |                    | 69,8          | 7,0           | 70,2                               | 17,3          | 72,3                     |                    |                    |                                 |
| <b>EAM/METAS</b> | 13,0           | 3,4           |                    | 47,9          | 7,0           | 48,4                               | 17,3          | 51,4                     |                    |                    |                                 |
| <b>CMI</b>       | -18,8          | -28,3         |                    | 59,8          | 7,0           | 60,2                               | 17,3          | 62,7                     |                    |                    |                                 |
| <b>OMH</b>       | -18,7          | -28,2         |                    | 169,9         | 7,0           | 170,1                              | 17,3          | 171,0                    |                    |                    |                                 |
| <b>JV</b>        | 14,6           | 5,0           |                    | 68,8          | 7,0           | 69,2                               | 17,3          | 71,3                     |                    |                    |                                 |
| <b>CEM</b>       | -50,9          | -60,5         |                    | 65,8          | 7,0           | 66,2                               | 17,3          | 68,4                     |                    |                    |                                 |
| <b>GUM</b>       | 8,9            | -0,6          |                    | 74,4          | 7,0           | 74,8                               | 17,3          | 76,8                     |                    |                    |                                 |
| <b>VTT/MIKES</b> | 9,8            | 0,3           |                    | 19,8          | 7,0           | 21,0                               | 17,3          | 27,2                     |                    |                    |                                 |
| <b>NMi/VSL</b>   | -13,2          | -22,8         |                    | 49,9          | 7,0           | 50,4                               | 17,3          | 53,3                     |                    |                    |                                 |
| <b>UME</b>       | 39,0           | 29,4          |                    | 72,4          | 7,0           | 72,8                               | 17,3          | 74,8                     |                    |                    |                                 |

**Table 5.3 Power factor: 0,5 lag**

| Lab i            | $D_e'/10^{-6}$ | $D_e/10^{-6}$ | $D_{CCEM}/10^{-6}$ | $U_E/10^{-6}$ | $t_E/10^{-6}$ | $U_{CE}/10^{-6}$<br>$=Q(U_E, t_E)$ | $U_d/10^{-6}$ | $Q(U_{CE}, U_d)$<br>$/10^{-6}$ | $U_{CCEM}/10^{-6}$ | $t_{CCEM}/10^{-6}$ | $Q(U_{CCEM}, t_{CCEM})$<br>$/10^{-6}$ |
|------------------|----------------|---------------|--------------------|---------------|---------------|------------------------------------|---------------|--------------------------------|--------------------|--------------------|---------------------------------------|
| NIST             |                |               | 1,0                |               |               |                                    |               |                                | 12,0               | 4,4                | 12,8                                  |
| CSIRO-NML        |                |               | 3,0                |               |               |                                    |               |                                | 16,0               | 4,4                | 16,6                                  |
| <b>NPL</b>       | 2,1            |               | 19,0               | 26,8          | 7,9           | 28,0                               |               |                                |                    |                    |                                       |
| <b>IEN</b>       | -5,2           |               | 2,0                | 30,6          | 7,9           | 31,6                               |               |                                |                    |                    |                                       |
| INTI             |                |               | 4,0                |               |               |                                    |               |                                | 34,0               | 4,4                | 34,3                                  |
| VNIIM            |                |               | -25,0              |               |               |                                    |               |                                | 28,0               | 4,4                | 28,3                                  |
| NRC              |                |               | -3,0               |               |               |                                    |               |                                | 12,0               | 4,4                | 12,8                                  |
| PSB              |                |               | 13,0               |               |               |                                    |               |                                | 62,0               | 4,4                | 62,2                                  |
| <b>PTB</b>       | -7,7           |               | 12,0               | 19,3          | 7,9           | 20,8                               |               |                                |                    |                    |                                       |
| INMETRO          |                |               | -26,0              |               |               |                                    |               |                                | 60,0               | 4,4                | 60,2                                  |
| CENAM            |                |               | 2,0                |               |               |                                    |               |                                | 34,0               | 4,4                | 34,3                                  |
| NIM              |                |               | -14,0              |               |               |                                    |               |                                | 12,0               | 4,4                | 12,8                                  |
| MSL              |                |               | -16,0              |               |               |                                    |               |                                | 30,0               | 4,4                | 30,3                                  |
| CSIR-NML         |                |               | 3,0                |               |               |                                    |               |                                | 80,0               | 4,4                | 80,1                                  |
| <b>SP</b>        | -22,4          |               | 1,0                | 19,8          | 7,9           | 21,3                               |               |                                |                    |                    |                                       |
| <b>Arepa</b>     | -3,5           | 13,5          |                    | 99,9          | 7,9           | 100,2                              | 17,6          | 101,8                          |                    |                    |                                       |
| <b>INETI</b>     | 1,1            | 18,1          |                    | 194,0         | 7,9           | 194,1                              | 17,6          | 194,9                          |                    |                    |                                       |
| <b>BMS</b>       | 31,9           | 48,9          |                    | 38,1          | 7,9           | 38,9                               | 17,6          | 42,7                           |                    |                    |                                       |
| <b>BEV</b>       | -14,2          | 2,8           |                    | 69,9          | 7,9           | 70,4                               | 17,6          | 72,5                           |                    |                    |                                       |
| <b>EAM/METAS</b> | -21,2          | -4,3          |                    | 48,0          | 7,9           | 48,6                               | 17,6          | 51,7                           |                    |                    |                                       |
| <b>CMI</b>       | -19,6          | -2,6          |                    | 59,9          | 7,9           | 60,4                               | 17,6          | 62,9                           |                    |                    |                                       |
| <b>OMH</b>       | 57,8           | 74,8          |                    | 170,0         | 7,9           | 170,1                              | 17,6          | 171,1                          |                    |                    |                                       |
| <b>JV</b>        | 17,9           | 34,9          |                    | 68,9          | 7,9           | 69,4                               | 17,6          | 71,6                           |                    |                    |                                       |
| <b>CEM</b>       | 64,9           | 81,9          |                    | 65,9          | 7,9           | 66,4                               | 17,6          | 68,7                           |                    |                    |                                       |
| <b>GUM</b>       | 5,7            | 22,7          |                    | 74,5          | 7,9           | 74,9                               | 17,6          | 77,0                           |                    |                    |                                       |
| <b>VTT/MIKES</b> | 16,0           | 33,0          |                    | 20,2          | 7,9           | 21,7                               | 17,6          | 27,9                           |                    |                    |                                       |
| <b>NMi/VSL</b>   | 15,4           | 32,4          |                    | 50,0          | 7,9           | 50,7                               | 17,6          | 53,6                           |                    |                    |                                       |
| <b>UME</b>       | -42,1          | -25,2         |                    | 72,5          | 7,9           | 73,0                               | 17,6          | 75,1                           |                    |                    |                                       |

**Table 5.4 Power factor: 0,0 lead**

| Lab i            | $D_e/10^{-6}$ | $D_e/10^{-6}$ | $D_{CCEM}/10^{-6}$ | $U_E/10^{-6}$ | $t_E/10^{-6}$ | $U_{CE}/10^{-6}$<br>$=Q(U_E, t_E)$ | $U_d/10^{-6}$ | $Q(U_{CE}, U_d)$<br>$/10^{-6}$ | $U_{CCEM}/10^{-6}$ | $t_{CCEM}/10^{-6}$ | $Q(U_{CCEM}, t_{CCEM})$<br>$/10^{-6}$ |
|------------------|---------------|---------------|--------------------|---------------|---------------|------------------------------------|---------------|--------------------------------|--------------------|--------------------|---------------------------------------|
| NIST             |               |               | 0,0                |               |               |                                    |               |                                | 9,0                | 7,3                | 11,6                                  |
| CSIRO-NML        |               |               | 9,0                |               |               |                                    |               |                                | 15,0               | 7,3                | 16,7                                  |
| <b>NPL</b>       | -3,5          |               | -28,0              | 26,5          | 5,3           | 27,1                               |               |                                |                    |                    |                                       |
| <b>IEN</b>       | 11,9          |               | -14,0              | 30,4          | 5,3           | 30,8                               |               |                                |                    |                    |                                       |
| INTI             |               |               | 6,0                |               |               |                                    |               |                                | 39,0               | 7,3                | 39,7                                  |
| VNIIM            |               |               | 9,0                |               |               |                                    |               |                                | 25,0               | 7,3                | 26,0                                  |
| NRC              |               |               | 7,0                |               |               |                                    |               |                                | 12,0               | 7,3                | 14,0                                  |
| PSB              |               |               | -18,0              |               |               |                                    |               |                                | 62,0               | 7,3                | 62,4                                  |
| <b>PTB</b>       | 2,2           |               | -4,0               | 18,9          | 5,3           | 19,6                               |               |                                |                    |                    |                                       |
| INMETRO          |               |               | 4,0                |               |               |                                    |               |                                | 60,0               | 7,3                | 60,4                                  |
| CENAM            |               |               | -16,0              |               |               |                                    |               |                                | 54,0               | 7,3                | 54,5                                  |
| NIM              |               |               | 3,0                |               |               |                                    |               |                                | 13,0               | 7,3                | 14,9                                  |
| MSL              |               |               | -1,0               |               |               |                                    |               |                                | 33,0               | 7,3                | 33,8                                  |
| CSIR-NML         |               |               | -26,0              |               |               |                                    |               |                                | 80,0               | 7,3                | 80,3                                  |
| <b>SP</b>        | 9,6           |               | -9,0               | 15,2          | 5,3           | 16,1                               |               |                                |                    |                    |                                       |
| <b>Arepa</b>     | -21,0         | -34,2         |                    | 139,9         | 5,3           | 140,0                              | 17,9          | 141,1                          |                    |                    |                                       |
| <b>INETI</b>     | -216,4        | -229,7        |                    | 482,0         | 5,3           | 482,0                              | 17,9          | 482,3                          |                    |                    |                                       |
| <b>BMS</b>       | 8,7           | -4,5          |                    | 27,0          | 5,3           | 27,5                               | 17,9          | 32,8                           |                    |                    |                                       |
| <b>BEV</b>       | 2,8           | -10,5         |                    | 219,9         | 5,3           | 220,0                              | 17,9          | 220,7                          |                    |                    |                                       |
| <b>EAM/METAS</b> | 23,3          | 10,1          |                    | 45,5          | 5,3           | 45,8                               | 17,9          | 49,2                           |                    |                    |                                       |
| <b>CMI</b>       | -57,6         | -70,8         |                    | 49,7          | 5,3           | 50,0                               | 17,9          | 53,1                           |                    |                    |                                       |
| <b>OMH</b>       | 37,5          | 24,2          |                    | 169,9         | 5,3           | 170,0                              | 17,9          | 170,9                          |                    |                    |                                       |
| <b>JV</b>        | -1,2          | -14,5         |                    | 68,8          | 5,3           | 69,0                               | 17,9          | 71,3                           |                    |                    |                                       |
| <b>CEM</b>       | n.a.          | n.a.          |                    | n.a.          | n.a.          | n.a.                               | n.a.          | n.a.                           |                    |                    |                                       |
| <b>GUM</b>       | 7,8           | -5,5          |                    | 74,0          | 5,3           | 74,2                               | 17,9          | 76,3                           |                    |                    |                                       |
| <b>VTT/MIKES</b> | -11,6         | -24,9         |                    | 10,8          | 5,3           | 12,0                               | 17,9          | 21,5                           |                    |                    |                                       |
| <b>NMI/VSL</b>   | -20,2         | -33,4         |                    | 169,9         | 5,3           | 170,0                              | 17,9          | 170,9                          |                    |                    |                                       |
| <b>UME</b>       | -2,6          | -15,9         |                    | 71,3          | 5,3           | 71,5                               | 17,9          | 73,7                           |                    |                    |                                       |

**Table 5.5 Power factor: 0,0 lag**

| Lab i            | $D_e/10^{-6}$ | $D_e/10^{-6}$ | $D_{CCEM}/10^{-6}$ | $U_E/10^{-6}$ | $t_E/10^{-6}$ | $U_{CE}/10^{-6}$<br>$=Q(U_E, t_E)$ | $U_d/10^{-6}$ | $Q(U_{CE}, U_d)$<br>$/10^{-6}$ | $U_{CCEM}/10^{-6}$ | $t_{CCEM}/10^{-6}$ | $Q(U_{CCEM}, t_{CCEM})$<br>$/10^{-6}$ |
|------------------|---------------|---------------|--------------------|---------------|---------------|------------------------------------|---------------|--------------------------------|--------------------|--------------------|---------------------------------------|
| NIST             |               |               | 3,0                |               |               |                                    |               |                                | 9,0                | 5,6                | 10,6                                  |
| CSIRO-NML        |               |               | -2,0               |               |               |                                    |               |                                | 15,0               | 5,6                | 16,0                                  |
| <b>NPL</b>       | 8,0           |               | 14,0               | 26,3          | 4,1           | 26,7                               |               |                                |                    |                    |                                       |
| <b>IEN</b>       | 2,0           |               | 0,0                | 30,2          | 4,1           | 30,5                               |               |                                |                    |                    |                                       |
| INTI             |               |               | 7,0                |               |               |                                    |               |                                | 38,0               | 5,6                | 38,4                                  |
| VNIIM            |               |               | -11,0              |               |               |                                    |               |                                | 24,0               | 5,6                | 24,6                                  |
| NRC              |               |               | -11,0              |               |               |                                    |               |                                | 11,0               | 5,6                | 12,3                                  |
| PSB              |               |               | -4,0               |               |               |                                    |               |                                | 62,0               | 5,6                | 62,3                                  |
| <b>PTB</b>       | -2,3          |               | 7,0                | 19,4          | 4,1           | 19,8                               |               |                                |                    |                    |                                       |
| INMETRO          |               |               | -13,0              |               |               |                                    |               |                                | 60,0               | 5,6                | 60,3                                  |
| CENAM            |               |               | 9,0                |               |               |                                    |               |                                | 54,0               | 5,6                | 54,3                                  |
| NIM              |               |               | -7,0               |               |               |                                    |               |                                | 13,0               | 5,6                | 14,2                                  |
| MSL              |               |               | -4,0               |               |               |                                    |               |                                | 32,0               | 5,6                | 32,5                                  |
| CSIR-NML         |               |               | 7,0                |               |               |                                    |               |                                | 80,0               | 5,6                | 80,2                                  |
| <b>SP</b>        | 0,1           |               | 17,0               | 14,9          | 4,1           | 15,4                               |               |                                |                    |                    |                                       |
| <b>Arepa</b>     | -0,8          | 5,9           |                    | 139,9         | 4,1           | 139,9                              | 18,2          | 141,1                          |                    |                    |                                       |
| <b>INETI</b>     | 18,4          | 25,0          |                    | 294,9         | 4,1           | 295,0                              | 18,2          | 295,5                          |                    |                    |                                       |
| <b>BMS</b>       | 24,0          | 30,7          |                    | 26,8          | 4,1           | 27,1                               | 18,2          | 32,6                           |                    |                    |                                       |
| <b>BEV</b>       | 11,5          | 18,2          |                    | 219,9         | 4,1           | 220,0                              | 18,2          | 220,7                          |                    |                    |                                       |
| <b>EAM/METAS</b> | -10,0         | -3,3          |                    | 45,4          | 4,1           | 45,6                               | 18,2          | 49,1                           |                    |                    |                                       |
| <b>CMI</b>       | -117,1        | -110,5        |                    | 49,6          | 4,1           | 49,8                               | 18,2          | 53,0                           |                    |                    |                                       |
| <b>OMH</b>       | -24,2         | -17,5         |                    | 169,9         | 4,1           | 169,9                              | 18,2          | 170,9                          |                    |                    |                                       |
| <b>JV</b>        | -1,8          | 4,9           |                    | 68,7          | 4,1           | 68,9                               | 18,2          | 71,2                           |                    |                    |                                       |
| <b>CEM</b>       | n.a.          | n.a.          |                    | n.a.          | n.a.          | n.a.                               | n.a.          | n.a.                           |                    |                    |                                       |
| <b>GUM</b>       | 13,3          | 19,9          |                    | 74,0          | 4,1           | 74,1                               | 18,2          | 76,3                           |                    |                    |                                       |
| <b>VTT/MIKES</b> | -5,3          | 1,4           |                    | 10,2          | 4,1           | 11,0                               | 18,2          | 21,2                           |                    |                    |                                       |
| <b>NMi/VSL</b>   | 4,1           | 10,8          |                    | 169,9         | 4,1           | 169,9                              | 18,2          | 170,9                          |                    |                    |                                       |
| <b>UME</b>       | -28,7         | -22,1         |                    | 71,3          | 4,1           | 71,4                               | 18,2          | 73,7                           |                    |                    |                                       |

**Table 6.1 to 6.5 Degrees of equivalence ( $D_{ij}$ ) and its uncertainty for  $k = 2$  ( $U_{ij}$ ) in  $\mu W/(VA)$  deduced from linking CCEM-K5 and EUROMET.EM-K5**

**Table 6.1 Power factor: 1,0**

| Lab j ->  | Arepa    |          | INETI    |          | BMS      |          | BEV      |          | METAS    |          | CMI      |          | OMH      |          | JV       |          | CEM      |          | GUM      |          | MIKES    |          | NMI/VSL  |          | UME      |          |
|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Lab i     | $D_{ij}$ | $U_{ij}$ | $D_{ij}$ | $U_{ij}$ | $D_{ij}$ | $U_{ij}$ | $D_{ij}$ | $U_{ij}$ | $D_{ij}$ | $U_{ij}$ | $D_{ij}$ | $U_{ij}$ | $D_{ij}$ | $U_{ij}$ | $D_{ij}$ | $U_{ij}$ | $D_{ij}$ | $U_{ij}$ | $D_{ij}$ | $U_{ij}$ | $D_{ij}$ | $U_{ij}$ | $D_{ij}$ | $U_{ij}$ | $D_{ij}$ | $U_{ij}$ |
| NIST      | -6,5     | 98,2     | -4,3     | 76,7     | -61,5    | 47,6     | 51,4     | 75,5     | 6,1      | 61,4     | -13,4    | 75,5     | -53,6    | 172,3    | -36,2    | 74,5     | -5,4     | 71,7     | -30,1    | 80,6     | -48,8    | 44,6     | -25,3    | 30,7     | -22,2    | 77,9     |
| CSIRO-NML | -0,5     | 98,4     | 1,7      | 77,1     | -55,5    | 48,1     | 57,4     | 75,9     | 12,1     | 61,8     | -7,4     | 75,8     | -47,6    | 172,5    | -30,2    | 74,9     | 0,6      | 72,1     | -24,1    | 80,9     | -42,8    | 45,2     | -19,3    | 31,5     | -16,2    | 78,2     |
| NPL       | 8,5      | 101,9    | 10,7     | 81,5     | -46,5    | 54,9     | 66,4     | 80,3     | 21,1     | 67,3     | 1,6      | 80,3     | -38,6    | 174,5    | -21,2    | 79,4     | 9,6      | 76,8     | -15,1    | 85,2     | -33,8    | 52,4     | -10,3    | 41,2     | -7,2     | 82,6     |
| IEN       | -6,5     | 101,4    | -4,3     | 80,9     | -61,5    | 54,0     | 51,4     | 79,7     | 6,1      | 66,5     | -13,4    | 79,7     | -53,6    | 174,2    | -36,2    | 78,7     | -5,4     | 76,1     | -30,1    | 84,6     | -48,8    | 51,4     | -25,3    | 39,9     | -22,2    | 82,0     |
| INTI      | 15,5     | 99,5     | 17,7     | 78,4     | -39,5    | 50,2     | 73,4     | 77,2     | 28,1     | 63,5     | 8,6      | 77,1     | -31,6    | 173,1    | -14,2    | 76,2     | 16,6     | 73,5     | -8,1     | 82,2     | -26,8    | 47,4     | -3,3     | 34,6     | -0,2     | 79,5     |
| VNIIM     | 10,5     | 99,1     | 12,7     | 77,9     | -44,5    | 49,5     | 68,4     | 76,7     | 23,1     | 62,9     | 3,6      | 76,7     | -36,6    | 172,8    | -19,2    | 75,7     | 11,6     | 72,9     | -13,1    | 81,7     | -31,8    | 46,6     | -8,3     | 33,5     | -5,2     | 79,1     |
| NRC       | -3,5     | 98,4     | -1,3     | 77,1     | -58,5    | 48,1     | 54,4     | 75,9     | 9,1      | 61,8     | -10,4    | 75,8     | -50,6    | 172,5    | -33,2    | 74,9     | -2,4     | 72,1     | -27,1    | 80,9     | -45,8    | 45,2     | -22,3    | 31,5     | -19,2    | 78,2     |
| PSB       | 22,5     | 115,5    | 24,7     | 97,9     | -32,5    | 77,2     | 80,4     | 97,0     | 35,1     | 86,4     | 15,6     | 96,9     | -24,6    | 182,7    | -7,2     | 96,2     | 23,6     | 94,0     | -1,1     | 101,0    | -19,8    | 75,5     | 3,7      | 68,1     | 6,8      | 98,8     |
| PTB       | 0,5      | 98,6     | 2,7      | 77,3     | -54,5    | 48,5     | 58,4     | 76,1     | 13,1     | 62,1     | -6,4     | 76,0     | -46,6    | 172,6    | -29,2    | 75,1     | 1,6      | 72,3     | -23,1    | 81,2     | -41,8    | 45,6     | -18,3    | 32,1     | -15,2    | 78,5     |
| INMETRO   | -8,5     | 114,4    | -6,3     | 96,7     | -63,5    | 75,6     | 49,4     | 95,7     | 4,1      | 85,0     | -15,4    | 95,7     | -55,6    | 182,1    | -38,2    | 94,9     | -7,4     | 92,7     | -32,1    | 99,8     | -50,8    | 73,8     | -27,3    | 66,3     | -24,2    | 97,6     |
| CENAM     | 4,5      | 103,2    | 6,7      | 83,1     | -50,5    | 57,3     | 62,4     | 81,9     | 17,1     | 69,2     | -2,4     | 81,9     | -42,6    | 175,2    | -25,2    | 81,0     | 5,6      | 78,4     | -19,1    | 86,7     | -37,8    | 54,8     | -14,3    | 44,2     | -11,2    | 84,2     |
| NIM       | -0,5     | 98,2     | 1,7      | 76,7     | -55,5    | 47,6     | 57,4     | 75,5     | 12,1     | 61,4     | -7,4     | 75,5     | -47,6    | 172,3    | -30,2    | 74,5     | 0,6      | 71,7     | -24,1    | 80,6     | -42,8    | 44,6     | -19,3    | 30,7     | -16,2    | 77,9     |
| MSL       | -1,5     | 101,4    | 0,7      | 80,8     | -56,5    | 53,9     | 56,4     | 79,6     | 11,1     | 66,4     | -8,4     | 79,6     | -48,6    | 174,2    | -31,2    | 78,7     | -0,4     | 76,0     | -25,1    | 84,5     | -43,8    | 51,3     | -20,3    | 39,8     | -17,2    | 81,9     |
| CSIR-NML  | -11,5    | 126,1    | -9,3     | 110,2    | -66,5    | 92,3     | 46,4     | 109,4    | 1,1      | 100,1    | -18,4    | 109,3    | -58,6    | 189,6    | -41,2    | 108,7    | -10,4    | 106,8    | -35,1    | 112,9    | -53,8    | 90,8     | -30,3    | 84,8     | -27,2    | 111,0    |
| SP        | 1,5      | 101,3    | 3,7      | 80,7     | -53,5    | 53,8     | 59,4     | 79,6     | 14,1     | 66,3     | -5,4     | 79,5     | -45,6    | 174,1    | -28,2    | 78,6     | 2,6      | 75,9     | -22,1    | 84,4     | -40,8    | 51,2     | -17,3    | 39,6     | -14,2    | 81,8     |
| Arepa     |          |          | 2,1      | 120,2    | -55,0    | 104,0    | 57,9     | 119,4    | 12,5     | 111,0    | -7,0     | 119,4    | -47,1    | 195,6    | -29,7    | 118,8    | 1,0      | 117,1    | -23,6    | 122,7    | -42,3    | 102,7    | -18,9    | 97,5     | -15,8    | 121,0    |
| INETI     | -2,1     | 120,2    |          |          | -57,2    | 84,1     | 55,8     | 102,5    | 10,4     | 92,6     | -9,1     | 102,5    | -49,2    | 185,8    | -31,9    | 101,8    | -1,1     | 99,8     | -25,7    | 106,4    | -44,4    | 82,5     | -21,0    | 75,9     | -17,9    | 104,3    |
| BMS       | 55,0     | 104,0    | 57,2     | 84,1     |          |          | 112,9    | 83,0     | 67,6     | 70,4     | 48,1     | 83,0     | 7,9      | 175,7    | 25,3     | 82,1     | 56,1     | 79,6     | 31,4     | 87,7     | 12,7     | 56,4     | 36,2     | 46,2     | 39,2     | 85,2     |
| BEV       | -57,9    | 119,4    | -55,8    | 102,5    | -112,9   | 83,0     |          |          | -45,4    | 91,6     | -64,9    | 101,6    | -105,0   | 185,3    | -87,6    | 100,9    | -56,9    | 98,8     | -81,5    | 105,5    | -100,2   | 81,4     | -76,8    | 74,6     | -73,7    | 103,4    |
| METAS     | -12,5    | 111,0    | -10,4    | 92,6     | -67,6    | 70,4     | 45,4     | 91,6     |          |          | -19,5    | 91,6     | -59,6    | 180,0    | -42,3    | 90,8     | -11,5    | 88,5     | -36,1    | 95,9     | -54,8    | 68,5     | -31,4    | 60,3     | -28,3    | 93,6     |
| CMI       | 7,0      | 119,4    | 9,1      | 102,5    | -48,1    | 83,0     | 64,9     | 101,6    | 19,5     | 91,6     |          |          | -40,2    | 185,2    | -22,8    | 100,9    | 8,0      | 98,8     | -16,7    | 105,5    | -35,3    | 81,3     | -11,9    | 74,6     | -8,8     | 103,4    |
| OMH       | 47,1     | 195,6    | 49,2     | 185,8    | -7,9     | 175,7    | 105,0    | 185,3    | 59,6     | 180,0    | 40,2     | 185,2    |          |          | 17,4     | 184,8    | 48,1     | 183,7    | 23,5     | 187,4    | 4,8      | 175,0    | 28,3     | 171,9    | 31,3     | 186,2    |
| JV        | 29,7     | 118,8    | 31,9     | 101,8    | -25,3    | 82,1     | 87,6     | 100,9    | 42,3     | 90,8     | 22,8     | 100,9    | -17,4    | 184,8    |          |          | 30,8     | 98,1     | 6,1      | 104,8    | -12,6    | 80,4     | 10,9     | 73,6     | 14,0     | 102,7    |
| CEM       | -1,0     | 117,1    | 1,1      | 99,8     | -56,1    | 79,6     | 56,9     | 98,8     | 11,5     | 88,5     | -8,0     | 98,8     | -48,1    | 183,7    | -30,8    | 98,1     |          |          | -24,6    | 102,8    | -43,3    | 77,8     | -19,9    | 70,8     | -16,8    | 100,7    |
| GUM       | 23,6     | 122,7    | 25,7     | 106,4    | -31,4    | 87,7     | 81,5     | 105,5    | 36,1     | 95,9     | 16,7     | 105,5    | -23,5    | 187,4    | -6,1     | 104,8    | 24,6     | 102,8    |          |          | -18,7    | 86,1     | 4,8      | 79,8     | 7,8      | 107,2    |
| MIKES     | 42,3     | 102,7    | 44,4     | 82,5     | -12,7    | 56,4     | 100,2    | 81,4     | 54,8     | 68,5     | 35,3     | 81,3     | -4,8     | 175,0    | 12,6     | 80,4     | 43,3     | 77,8     | 18,7     | 86,1     |          |          | 23,4     | 43,1     | 26,5     | 83,6     |
| NMI/VSL   | 18,9     | 97,5     | 21,0     | 75,9     | -36,2    | 46,2     | 76,8     | 74,6     | 31,4     | 60,3     | 11,9     | 74,6     | -28,3    | 171,9    | -10,9    | 73,6     | 19,9     | 70,8     | -4,8     | 79,8     | -23,4    | 43,1     |          |          | 3,1      | 77,0     |
| UME       | 15,8     | 121,0    | 17,9     | 104,3    | -39,2    | 85,2     | 73,7     | 103,4    | 28,3     | 93,6     | 8,8      | 103,4    | -31,3    | 186,2    | -14,0    | 102,7    | 16,8     | 100,7    | -7,8     | 107,2    | -26,5    | 83,6     | -3,1     | 77,0     |          |          |

**Table 6.2 Power factor: 0,5 lead**

| Lab j ->  | Arepa           |                 | INETI           |                 | BMS             |                 | BEV             |                 | METAS           |                 | CMI             |                 | OMH             |                 | JV              |                 | CEM             |                 | GUM             |                 | MIKES           |                 | NMI/VSL         |                 | UME             |                 |                 |                 |
|-----------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Lab i     | D <sub>ij</sub> | U <sub>ij</sub> | D <sub>ij</sub> | U <sub>ij</sub> | D <sub>ij</sub> | U <sub>ij</sub> | D <sub>ij</sub> | U <sub>ij</sub> | D <sub>ij</sub> | U <sub>ij</sub> | D <sub>ij</sub> | U <sub>ij</sub> | D <sub>ij</sub> | U <sub>ij</sub> | D <sub>ij</sub> | U <sub>ij</sub> | D <sub>ij</sub> | U <sub>ij</sub> | D <sub>ij</sub> | U <sub>ij</sub> | D <sub>ij</sub> | U <sub>ij</sub> | D <sub>ij</sub> | U <sub>ij</sub> | D <sub>ij</sub> | U <sub>ij</sub> | D <sub>ij</sub> | U <sub>ij</sub> |
| NIST      | 30,9            | 102,4           | 20,3            | 152,6           | -9,8            | 44,2            | 28,8            | 73,5            | -2,4            | 53,0            | 29,3            | 64,0            | 29,2            | 171,5           | -4,0            | 72,5            | 61,5            | 69,7            | 1,6             | 77,9            | 0,7             | 30,2            | 23,8            | 54,8            | -28,4           | 75,9            |                 |                 |
| CSIRO-NML | 28,9            | 103,0           | 18,3            | 153,0           | -11,8           | 45,5            | 26,8            | 74,2            | -4,4            | 54,1            | 27,3            | 64,9            | 27,2            | 171,8           | -6,0            | 73,3            | 59,5            | 70,5            | -0,4            | 78,6            | -1,3            | 32,0            | 21,8            | 55,9            | -30,4           | 76,7            |                 |                 |
| NPL       | 17,9            | 103,8           | 7,3             | 153,6           | -22,8           | 47,4            | 15,8            | 75,4            | -15,4           | 55,7            | 16,3            | 66,2            | 16,2            | 172,3           | -17,0           | 74,5            | 48,5            | 71,7            | -11,4           | 79,7            | -12,3           | 34,6            | 10,8            | 57,4            | -41,4           | 77,8            |                 |                 |
| IEN       | 19,9            | 104,9           | 9,3             | 154,3           | -20,8           | 49,6            | 17,8            | 76,8            | -13,4           | 57,6            | 18,3            | 67,8            | 18,2            | 172,9           | -15,0           | 75,9            | 50,5            | 73,2            | -9,4            | 81,0            | -10,3           | 37,6            | 12,8            | 59,3            | -39,4           | 79,2            |                 |                 |
| INTI      | 38,9            | 107,3           | 28,3            | 155,9           | -1,8            | 54,5            | 36,8            | 80,1            | 5,6             | 61,8            | 37,3            | 71,5            | 37,2            | 174,4           | 4,0             | 79,2            | 69,5            | 76,6            | 9,6             | 84,1            | 8,7             | 43,9            | 31,8            | 63,4            | -20,4           | 82,3            |                 |                 |
| VNIIM     | 14,9            | 105,5           | 4,3             | 154,7           | -25,8           | 51,0            | 12,8            | 77,7            | -18,4           | 58,7            | 13,3            | 68,8            | 13,2            | 173,3           | -20,0           | 76,8            | 45,5            | 74,1            | -14,4           | 81,9            | -15,3           | 39,4            | 7,8             | 60,4            | -44,4           | 80,0            |                 |                 |
| NRC       | 34,9            | 102,4           | 24,3            | 152,6           | -5,8            | 44,2            | 32,8            | 73,5            | 1,6             | 53,0            | 33,3            | 64,0            | 33,2            | 171,5           | 0,0             | 72,5            | 65,5            | 69,7            | 5,6             | 77,9            | 4,7             | 30,2            | 27,8            | 54,8            | -24,4           | 75,9            |                 |                 |
| PSB       | 26,9            | 119,1           | 16,3            | 164,3           | -13,8           | 75,2            | 24,8            | 95,4            | -6,4            | 80,7            | 25,3            | 88,3            | 25,2            | 181,9           | -8,0            | 94,6            | 57,5            | 92,5            | -2,4            | 98,8            | -3,3            | 67,9            | 19,8            | 81,9            | -32,4           | 97,3            |                 |                 |
| PTB       | 22,9            | 102,2           | 12,3            | 152,5           | -17,8           | 43,6            | 20,8            | 73,1            | -10,4           | 52,5            | 21,3            | 63,6            | 21,2            | 171,3           | -12,0           | 72,1            | 53,5            | 69,3            | -6,4            | 77,5            | -7,3            | 29,3            | 15,8            | 54,3            | -36,4           | 75,6            |                 |                 |
| INMETRO   | 44,9            | 118,1           | 34,3            | 163,6           | 4,2             | 73,6            | 42,8            | 94,1            | 11,6            | 79,2            | 43,3            | 86,9            | 43,2            | 181,3           | 10,0            | 93,3            | 75,5            | 91,1            | 15,6            | 97,6            | 14,7            | 66,1            | 37,8            | 80,4            | -14,4           | 96,0            |                 |                 |
| CENAM     | 27,9            | 107,3           | 17,3            | 155,9           | -12,8           | 54,5            | 25,8            | 80,1            | -5,4            | 61,8            | 26,3            | 71,5            | 26,2            | 174,4           | -7,0            | 79,2            | 58,5            | 76,6            | -1,4            | 84,1            | -2,3            | 43,9            | 20,8            | 63,4            | -31,4           | 82,3            |                 |                 |
| NIM       | 42,9            | 102,4           | 32,3            | 152,6           | 2,2             | 44,2            | 40,8            | 73,5            | 9,6             | 53,0            | 41,3            | 64,0            | 41,2            | 171,5           | 8,0             | 72,5            | 73,5            | 69,7            | 13,6            | 77,9            | 12,7            | 30,2            | 35,8            | 54,8            | -16,4           | 75,9            |                 |                 |
| MSL       | 34,9            | 106,1           | 24,3            | 155,1           | -5,8            | 52,1            | 32,8            | 78,4            | 1,6             | 59,7            | 33,3            | 69,7            | 33,2            | 173,6           | 0,0             | 77,5            | 65,5            | 74,9            | 5,6             | 82,6            | 4,7             | 40,8            | 27,8            | 61,4            | -24,4           | 80,8            |                 |                 |
| CSIR-NML  | 15,9            | 129,4           | 5,3             | 171,9           | -24,8           | 90,6            | 13,8            | 107,9           | -17,4           | 95,2            | 14,3            | 101,7           | 14,2            | 188,8           | -19,0           | 107,3           | 46,5            | 105,4           | -13,4           | 111,0           | -14,3           | 84,7            | 8,8             | 96,3            | -43,4           | 109,7           |                 |                 |
| SP        | 21,9            | 102,2           | 11,3            | 152,5           | -18,8           | 43,8            | 19,8            | 73,2            | -11,4           | 52,6            | 20,3            | 63,7            | 20,2            | 171,3           | -13,0           | 72,2            | 52,5            | 69,3            | -7,4            | 77,6            | -8,3            | 29,5            | 14,8            | 54,5            | -37,4           | 75,7            |                 |                 |
| Arepa     |                 |                 | -10,6           | 181,3           | -40,8           | 107,3           | -2,2            | 122,3           | -33,3           | 111,2           | -1,6            | 116,8           | -1,7            | 197,4           | -34,9           | 121,7           | 30,5            | 120,0           | -29,3           | 125,0           | -30,2           | 102,3           | -7,1            | 112,1           | -59,3           | 123,8           |                 |                 |
| INETI     | 10,6            | 181,3           |                 |                 | -30,1           | 155,9           | 8,5             | 166,6           | -22,7           | 158,6           | 9,1             | 162,6           | 9,0             | 227,5           | -24,3           | 166,2           | 41,2            | 164,9           | -18,6           | 168,6           | -19,5           | 152,5           | 3,5             | 159,3           | -48,7           | 167,7           |                 |                 |
| BMS       | 40,8            | 107,3           | 30,1            | 155,9           |                 |                 | 38,6            | 80,1            | 7,5             | 61,9            | 39,2            | 71,5            | 39,1            | 174,4           | 5,8             | 79,2            | 71,3            | 76,6            | 11,5            | 84,1            | 10,6            | 43,9            | 33,6            | 63,4            | -18,6           | 82,4            |                 |                 |
| BEV       | 2,2             | 122,3           | -8,5            | 166,6           | -38,6           | 80,1            |                 |                 | -31,1           | 85,2            | 0,6             | 92,5            | 0,5             | 184,0           | -32,8           | 98,6            | 32,7            | 96,5            | -27,1           | 102,6           | -28,0           | 73,3            | -5,0            | 86,4            | -57,2           | 101,1           |                 |                 |
| METAS     | 33,3            | 111,2           | 22,7            | 158,6           | -7,5            | 61,9            | 31,1            | 85,2            |                 |                 | 31,7            | 77,2            | 31,6            | 176,8           | -1,7            | 84,4            | 63,8            | 82,0            | 4,0             | 89,1            | 3,1             | 52,7            | 26,2            | 69,8            | -26,0           | 87,4            |                 |                 |
| CMI       | 1,6             | 116,8           | -9,1            | 162,6           | -39,2           | 71,5            | -0,6            | 92,5            | -31,7           | 77,2            |                 |                 | -0,1            | 180,4           | -33,4           | 91,7            | 32,1            | 89,5            | -27,7           | 96,0            | -28,6           | 63,8            | -5,5            | 78,5            | -57,8           | 94,5            |                 |                 |
| OMH       | 1,7             | 197,4           | -9,0            | 227,5           | -39,1           | 174,4           | -0,5            | 184,0           | -31,6           | 176,8           | 0,1             | 180,4           |                 |                 | -33,3           | 183,6           | 32,2            | 182,5           | -27,6           | 185,8           | -28,5           | 171,4           | -5,4            | 177,4           | -57,7           | 185,0           |                 |                 |
| JV        | 34,9            | 121,7           | 24,3            | 166,2           | -5,8            | 79,2            | 32,8            | 98,6            | 1,7             | 84,4            | 33,4            | 91,7            | 33,3            | 183,6           |                 |                 | 65,5            | 95,7            | 5,7             | 101,9           | 4,8             | 72,3            | 27,8            | 85,6            | -24,4           | 100,4           |                 |                 |
| CEM       | -30,5           | 120,0           | -41,2           | 164,9           | -71,3           | 76,6            | -32,7           | 96,5            | -63,8           | 82,0            | -32,1           | 89,5            | -32,2           | 182,5           | -65,5           | 95,7            |                 |                 | -59,8           | 99,9            | -60,7           | 69,4            | -37,7           | 83,2            | -89,9           | 98,4            |                 |                 |
| GUM       | 29,3            | 125,0           | 18,6            | 168,6           | -11,5           | 84,1            | 27,1            | 102,6           | -4,0            | 89,1            | 27,7            | 96,0            | 27,6            | 185,8           | -5,7            | 101,9           | 59,8            | 99,9            |                 |                 | -0,9            | 77,7            | 22,2            | 90,2            | -30,1           | 104,3           |                 |                 |
| MIKES     | 30,2            | 102,3           | 19,5            | 152,5           | -10,6           | 43,9            | 28,0            | 73,3            | -3,1            | 52,7            | 28,6            | 63,8            | 28,5            | 171,4           | -4,8            | 72,3            | 60,7            | 69,4            | 0,9             | 77,7            |                 |                 | 23,1            | 54,6            | -29,2           | 75,8            |                 |                 |
| NMI/VSL   | 7,1             | 112,1           | -3,5            | 159,3           | -33,6           | 63,4            | 5,0             | 86,4            | -26,2           | 69,8            | 5,5             | 78,5            | 5,4             | 177,4           | -27,8           | 85,6            | 37,7            | 83,2            | -22,2           | 90,2            | -23,1           | 54,6            |                 |                 | -52,2           | 88,5            |                 |                 |
| UME       | 59,3            | 123,8           | 48,7            | 167,7           | 18,6            | 82,4            | 57,2            | 101,1           | 26,0            | 87,4            | 57,8            | 94,5            | 57,7            | 185,0           | 24,4            | 100,4           | 89,9            | 98,4            | 30,1            | 104,3           | 29,2            | 75,8            | 52,2            | 88,5            |                 |                 |                 |                 |



**Table 6.3 Power factor: 0,5 lag**

| Lab j ->  | Arepa           |                 | INETI           |                 | BMS             |                 | BEV             |                 | METAS           |                 | CMI             |                 | OMH             |                 | JV              |                 | CEM             |                 | GUM             |                 | MIKES           |                 | NMI/VSL         |                 | UME             |                 |
|-----------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Lab i     | D <sub>ij</sub> | U <sub>ij</sub> | D <sub>ij</sub> | U <sub>ij</sub> | D <sub>ij</sub> | U <sub>ij</sub> | D <sub>ij</sub> | U <sub>ij</sub> | D <sub>ij</sub> | U <sub>ij</sub> | D <sub>ij</sub> | U <sub>ij</sub> | D <sub>ij</sub> | U <sub>ij</sub> | D <sub>ij</sub> | U <sub>ij</sub> | D <sub>ij</sub> | U <sub>ij</sub> | D <sub>ij</sub> | U <sub>ij</sub> | D <sub>ij</sub> | U <sub>ij</sub> | D <sub>ij</sub> | U <sub>ij</sub> | D <sub>ij</sub> | U <sub>ij</sub> |
| NIST      | -12,5           | 102,6           | -17,1           | 195,3           | -47,9           | 44,6            | -1,8            | 73,7            | 5,3             | 53,3            | 3,6             | 64,2            | -73,8           | 171,5           | -33,9           | 72,7            | -80,9           | 69,8            | -21,7           | 78,0            | -32,0           | 30,7            | -31,4           | 55,1            | 26,2            | 76,1            |
| CSIRO-NML | -10,5           | 103,1           | -15,1           | 195,6           | -45,9           | 45,8            | 0,2             | 74,4            | 7,3             | 54,3            | 5,6             | 65,1            | -71,8           | 171,9           | -31,9           | 73,5            | -78,9           | 70,6            | -19,7           | 78,7            | -30,0           | 32,5            | -29,4           | 56,1            | 28,2            | 76,9            |
| NPL       | 5,5             | 104,1           | 0,9             | 196,1           | -29,9           | 47,9            | 16,2            | 75,7            | 23,3            | 56,1            | 21,6            | 66,6            | -55,8           | 172,4           | -15,9           | 74,8            | -62,9           | 72,0            | -3,7            | 80,0            | -14,0           | 35,4            | -13,4           | 57,9            | 44,2            | 78,1            |
| IEN       | -11,5           | 105,1           | -16,1           | 196,7           | -46,9           | 50,1            | -0,8            | 77,1            | 6,3             | 58,0            | 4,6             | 68,2            | -72,8           | 173,1           | -32,9           | 76,2            | -79,9           | 73,5            | -20,7           | 81,3            | -31,0           | 38,3            | -30,4           | 59,7            | 27,2            | 79,5            |
| INTI      | -9,5            | 107,4           | -14,1           | 197,9           | -44,9           | 54,7            | 1,2             | 80,2            | 8,3             | 62,1            | 6,6             | 71,7            | -70,8           | 174,5           | -30,9           | 79,3            | -77,9           | 76,8            | -18,7           | 84,3            | -29,0           | 44,2            | -28,4           | 63,6            | 29,2            | 82,5            |
| VNIIM     | -38,5           | 105,7           | -43,1           | 197,0           | -73,9           | 51,2            | -27,8           | 77,9            | -20,7           | 59,0            | -22,4           | 69,0            | -99,8           | 173,4           | -59,9           | 77,0            | -106,9          | 74,3            | -47,7           | 82,0            | -58,0           | 39,8            | -57,4           | 60,7            | 0,2             | 80,2            |
| NRC       | -16,5           | 102,6           | -21,1           | 195,3           | -51,9           | 44,6            | -5,8            | 73,7            | 1,3             | 53,3            | -0,4            | 64,2            | -77,8           | 171,5           | -37,9           | 72,7            | -84,9           | 69,8            | -25,7           | 78,0            | -36,0           | 30,7            | -35,4           | 55,1            | 22,2            | 76,1            |
| PSB       | -0,5            | 119,3           | -5,1            | 204,6           | -35,9           | 75,4            | 10,2            | 95,5            | 17,3            | 80,9            | 15,6            | 88,5            | -61,8           | 182,0           | -21,9           | 94,8            | -68,9           | 92,6            | -9,7            | 98,9            | -20,0           | 68,1            | -19,4           | 82,1            | 38,2            | 97,5            |
| PTB       | -1,5            | 102,4           | -6,1            | 195,2           | -36,9           | 44,1            | 9,2             | 73,4            | 16,3            | 52,9            | 14,6            | 63,9            | -62,8           | 171,4           | -22,9           | 72,4            | -69,9           | 69,6            | -10,7           | 77,8            | -21,0           | 30,1            | -20,4           | 54,8            | 37,2            | 75,9            |
| INMETRO   | -39,5           | 118,2           | -44,1           | 204,0           | -74,9           | 73,8            | -28,8           | 94,2            | -21,7           | 79,3            | -23,4           | 87,1            | -100,8          | 181,3           | -60,9           | 93,5            | -107,9          | 91,3            | -48,7           | 97,7            | -59,0           | 66,3            | -58,4           | 80,6            | -0,8            | 96,2            |
| CENAM     | -11,5           | 107,4           | -16,1           | 197,9           | -46,9           | 54,7            | -0,8            | 80,2            | 6,3             | 62,1            | 4,6             | 71,7            | -72,8           | 174,5           | -32,9           | 79,3            | -79,9           | 76,8            | -20,7           | 84,3            | -31,0           | 44,2            | -30,4           | 63,6            | 27,2            | 82,5            |
| NIM       | -27,5           | 102,6           | -32,1           | 195,3           | -62,9           | 44,6            | -16,8           | 73,7            | -9,7            | 53,3            | -11,4           | 64,2            | -88,8           | 171,5           | -48,9           | 72,7            | -95,9           | 69,8            | -36,7           | 78,0            | -47,0           | 30,7            | -46,4           | 55,1            | 11,2            | 76,1            |
| MSL       | -29,5           | 106,2           | -34,1           | 197,3           | -64,9           | 52,4            | -18,8           | 78,6            | -11,7           | 60,0            | -13,4           | 69,9            | -90,8           | 173,7           | -50,9           | 77,7            | -97,9           | 75,1            | -38,7           | 82,7            | -49,0           | 41,2            | -48,4           | 61,6            | 9,2             | 81,0            |
| CSIR-NML  | -10,5           | 129,5           | -15,1           | 210,8           | -45,9           | 90,8            | 0,2             | 108,1           | 7,3             | 95,4            | 5,6             | 101,9           | -71,8           | 188,9           | -31,9           | 107,4           | -78,9           | 105,5           | -19,7           | 111,1           | -30,0           | 84,8            | -29,4           | 96,4            | 28,2            | 109,8           |
| SP        | -12,5           | 102,5           | -17,1           | 195,3           | -47,9           | 44,3            | -1,8            | 73,5            | 5,3             | 53,1            | 3,6             | 64,1            | -73,8           | 171,5           | -33,9           | 72,5            | -80,9           | 69,7            | -21,7           | 77,9            | -32,0           | 30,4            | -31,4           | 54,9            | 26,2            | 76,0            |
| Arepa     |                 |                 | -4,6            | 218,5           | -35,4           | 107,5           | 10,7            | 122,5           | 17,8            | 111,4           | 16,2            | 117,0           | -61,2           | 197,5           | -21,4           | 121,9           | -68,4           | 120,2           | -9,2            | 125,2           | -19,5           | 102,6           | -18,9           | 112,3           | 38,7            | 124,0           |
| INETI     | 4,6             | 218,5           |                 |                 | -30,8           | 198,0           | 15,3            | 206,5           | 22,3            | 200,1           | 20,7            | 203,3           | -56,7           | 258,1           | -16,8           | 206,1           | -63,8           | 205,2           | -4,6            | 208,1           | -14,9           | 195,3           | -14,3           | 200,6           | 43,2            | 207,4           |
| BMS       | 35,4            | 107,5           | 30,8            | 198,0           |                 |                 | 46,1            | 80,4            | 53,2            | 62,3            | 51,5            | 71,8            | -25,9           | 174,5           | 14,0            | 79,5            | -33,0           | 76,9            | 26,2            | 84,4            | 15,9            | 44,5            | 16,5            | 63,9            | 74,1            | 82,7            |
| BEV       | -10,7           | 122,5           | -15,3           | 206,5           | -46,1           | 80,4            |                 |                 | 7,1             | 85,5            | 5,4             | 92,7            | -71,9           | 184,1           | -32,1           | 98,8            | -79,1           | 96,7            | -19,9           | 102,8           | -30,2           | 73,6            | -29,6           | 86,7            | 28,0            | 101,4           |
| METAS     | -17,8           | 111,4           | -22,3           | 200,1           | -53,2           | 62,3            | -7,1            | 85,5            |                 |                 | -1,6            | 77,6            | -79,0           | 177,0           | -39,1           | 84,7            | -86,1           | 82,3            | -26,9           | 89,3            | -37,2           | 53,2            | -36,7           | 70,2            | 20,9            | 87,7            |
| CMI       | -16,2           | 117,0           | -20,7           | 203,3           | -51,5           | 71,8            | -5,4            | 92,7            | 1,6             | 77,6            |                 |                 | -77,4           | 180,6           | -37,5           | 92,0            | -84,5           | 89,8            | -25,3           | 96,3            | -35,6           | 64,2            | -35,1           | 78,8            | 22,5            | 94,7            |
| OMH       | 61,2            | 197,5           | 56,7            | 258,1           | 25,9            | 174,5           | 71,9            | 184,1           | 79,0            | 177,0           | 77,4            | 180,6           |                 |                 | 39,9            | 183,7           | -7,1            | 182,6           | 52,1            | 185,9           | 41,8            | 171,5           | 42,3            | 177,5           | 99,9            | 185,1           |
| JV        | 21,4            | 121,9           | 16,8            | 206,1           | -14,0           | 79,5            | 32,1            | 98,8            | 39,1            | 84,7            | 37,5            | 92,0            | -39,9           | 183,7           |                 |                 | -47,0           | 96,0            | 12,2            | 102,1           | 1,9             | 72,7            | 2,5             | 85,9            | 60,0            | 100,7           |
| CEM       | 68,4            | 120,2           | 63,8            | 205,2           | 33,0            | 76,9            | 79,1            | 96,7            | 86,1            | 82,3            | 84,5            | 89,8            | 7,1             | 182,6           | 47,0            | 96,0            |                 |                 | 59,2            | 100,1           | 48,9            | 69,8            | 49,5            | 83,5            | 107,0           | 98,6            |
| GUM       | 9,2             | 125,2           | 4,6             | 208,1           | -26,2           | 84,4            | 19,9            | 102,8           | 26,9            | 89,3            | 25,3            | 96,3            | -52,1           | 185,9           | -12,2           | 102,1           | -59,2           | 100,1           |                 |                 | -10,3           | 78,0            | -9,7            | 90,4            | 47,9            | 104,6           |
| MIKES     | 19,5            | 102,6           | 14,9            | 195,3           | -15,9           | 44,5            | 30,2            | 73,6            | 37,2            | 53,2            | 35,6            | 64,2            | -41,8           | 171,5           | -1,9            | 72,7            | -48,9           | 69,8            | 10,3            | 78,0            |                 |                 | 0,6             | 55,1            | 58,2            | 76,1            |
| NMI/VSL   | 18,9            | 112,3           | 14,3            | 200,6           | -16,5           | 63,9            | 29,6            | 86,7            | 36,7            | 70,2            | 35,1            | 78,8            | -42,3           | 177,5           | -2,5            | 85,9            | -49,5           | 83,5            | 9,7             | 90,4            | -0,6            | 55,1            |                 |                 | 57,6            | 88,8            |
| UME       | -38,7           | 124,0           | -43,2           | 207,4           | -74,1           | 82,7            | -28,0           | 101,4           | -20,9           | 87,7            | -22,5           | 94,7            | -99,9           | 185,1           | -60,0           | 100,7           | -107,0          | 98,6            | -47,9           | 104,6           | -58,2           | 76,1            | -57,6           | 88,8            |                 |                 |

**Table 6.4 Power factor: 0,0 lead**

| Lab j ->  | Arepa           |                 | INETI           |                 | BMS             |                 | BEV             |                 | METAS           |                 | CMI             |                 | OMH             |                 | JV              |                 | CEM             |                 | GUM             |                 | MIKES           |                 | NMI/VSL         |                 | UME             |                 |                 |                 |
|-----------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Lab i     | D <sub>ij</sub> | U <sub>ij</sub> | D <sub>ij</sub> | U <sub>ij</sub> | D <sub>ij</sub> | U <sub>ij</sub> | D <sub>ij</sub> | U <sub>ij</sub> | D <sub>ij</sub> | U <sub>ij</sub> | D <sub>ij</sub> | U <sub>ij</sub> | D <sub>ij</sub> | U <sub>ij</sub> | D <sub>ij</sub> | U <sub>ij</sub> | D <sub>ij</sub> | U <sub>ij</sub> | D <sub>ij</sub> | U <sub>ij</sub> | D <sub>ij</sub> | U <sub>ij</sub> | D <sub>ij</sub> | U <sub>ij</sub> | D <sub>ij</sub> | U <sub>ij</sub> | D <sub>ij</sub> | U <sub>ij</sub> |
| NIST      | 34,2            | 141,6           | 229,7           | 482,5           | 4,5             | 34,7            | 10,5            | 221,0           | -10,1           | 50,5            | 70,8            | 54,3            | -24,2           | 171,3           | 14,5            | 72,2            | -               | -               | 5,5             | 77,2            | 24,9            | 24,4            | 33,4            | 171,3           | 15,9            | 74,6            |                 |                 |
| CSIRO-NML | 43,2            | 142,1           | 238,7           | 482,6           | 13,5            | 36,7            | 19,5            | 221,4           | -1,1            | 51,9            | 79,8            | 55,7            | -15,2           | 171,7           | 23,5            | 73,2            | -               | -               | 14,5            | 78,1            | 33,9            | 27,2            | 42,4            | 171,8           | 24,9            | 75,6            |                 |                 |
| NPL       | 6,2             | 142,6           | 201,7           | 482,8           | -23,5           | 38,5            | -17,5           | 221,7           | -38,1           | 53,2            | 42,8            | 56,9            | -52,2           | 172,1           | -13,5           | 74,1            | -               | -               | -22,5           | 79,0            | -3,1            | 29,6            | 5,4             | 172,2           | -12,1           | 76,5            |                 |                 |
| IEN       | 20,2            | 143,4           | 215,7           | 483,0           | -9,5            | 41,3            | -3,5            | 222,2           | -24,1           | 55,2            | 56,8            | 58,8            | -38,2           | 172,8           | 0,5             | 75,6            | -               | -               | -8,5            | 80,4            | 10,9            | 33,1            | 19,4            | 172,8           | 1,9             | 77,9            |                 |                 |
| INTI      | 40,2            | 146,6           | 235,7           | 484,0           | 10,5            | 51,4            | 16,5            | 224,3           | -4,1            | 63,2            | 76,8            | 66,3            | -18,2           | 175,5           | 20,5            | 81,6            | -               | -               | 11,5            | 86,0            | 30,9            | 45,1            | 39,4            | 175,5           | 21,9            | 83,7            |                 |                 |
| VNIIM     | 43,2            | 143,5           | 238,7           | 483,0           | 13,5            | 41,8            | 19,5            | 222,3           | -1,1            | 55,6            | 79,8            | 59,1            | -15,2           | 172,9           | 23,5            | 75,9            | -               | -               | 14,5            | 80,6            | 33,9            | 33,8            | 42,4            | 172,9           | 24,9            | 78,2            |                 |                 |
| NRC       | 41,2            | 141,8           | 236,7           | 482,5           | 11,5            | 35,6            | 17,5            | 221,2           | -3,1            | 51,1            | 77,8            | 54,9            | -17,2           | 171,5           | 21,5            | 72,6            | -               | -               | 12,5            | 77,6            | 31,9            | 25,7            | 40,4            | 171,5           | 22,9            | 75,1            |                 |                 |
| PSB       | 16,2            | 154,3           | 211,7           | 486,4           | -13,5           | 70,5            | -7,5            | 229,4           | -28,1           | 79,5            | 52,8            | 82,0            | -42,2           | 182,0           | -3,5            | 94,7            | -               | -               | -12,5           | 98,6            | 6,9             | 66,0            | 15,4            | 182,0           | -2,1            | 96,6            |                 |                 |
| PTB       | 30,2            | 141,4           | 225,7           | 482,4           | 0,5             | 33,7            | 6,5             | 220,9           | -14,1           | 49,8            | 66,8            | 53,7            | -28,2           | 171,1           | 10,5            | 71,7            | -               | -               | 1,5             | 76,7            | 20,9            | 23,0            | 29,4            | 171,1           | 11,9            | 74,2            |                 |                 |
| INMETRO   | 38,2            | 153,5           | 233,7           | 486,1           | 8,5             | 68,7            | 14,5            | 228,9           | -6,1            | 77,9            | 74,8            | 80,5            | -20,2           | 181,3           | 18,5            | 93,5            | -               | -               | 9,5             | 97,4            | 28,9            | 64,2            | 37,4            | 181,3           | 19,9            | 95,3            |                 |                 |
| CENAM     | 18,2            | 151,3           | 213,7           | 485,4           | -11,5           | 63,6            | -5,5            | 227,4           | -26,1           | 73,4            | 54,8            | 76,1            | -40,2           | 179,4           | -1,5            | 89,7            | -               | -               | -10,5           | 93,8            | 8,9             | 58,6            | 17,4            | 179,4           | -0,1            | 91,7            |                 |                 |
| NIM       | 37,2            | 141,9           | 232,7           | 482,6           | 7,5             | 36,0            | 13,5            | 221,2           | -7,1            | 51,4            | 73,8            | 55,2            | -21,2           | 171,6           | 17,5            | 72,8            | -               | -               | 8,5             | 77,8            | 27,9            | 26,2            | 36,4            | 171,6           | 18,9            | 75,2            |                 |                 |
| MSL       | 33,2            | 145,1           | 228,7           | 483,5           | 3,5             | 47,1            | 9,5             | 223,3           | -11,1           | 59,7            | 69,8            | 62,9            | -25,2           | 174,2           | 13,5            | 78,9            | -               | -               | 4,5             | 83,5            | 23,9            | 40,1            | 32,4            | 174,3           | 14,9            | 81,1            |                 |                 |
| CSIR-NML  | 8,2             | 162,4           | 203,7           | 489,0           | -21,5           | 86,7            | -15,5           | 234,9           | -36,1           | 94,2            | 44,8            | 96,3            | -50,2           | 188,9           | -11,5           | 107,4           | -               | -               | -20,5           | 110,8           | -1,1            | 83,2            | 7,4             | 188,9           | -10,1           | 109,0           |                 |                 |
| SP        | 25,2            | 140,9           | 220,7           | 482,3           | -4,5            | 31,8            | 1,5             | 220,6           | -19,1           | 48,6            | 61,8            | 52,5            | -33,2           | 170,8           | 5,5             | 70,9            | -               | -               | -3,5            | 75,9            | 15,9            | 20,1            | 24,4            | 170,8           | 6,9             | 73,3            |                 |                 |
| Arepa     |                 |                 | 195,5           | 501,9           | -29,7           | 142,7           | -23,7           | 260,8           | -44,3           | 147,3           | 36,6            | 148,7           | -58,4           | 220,2           | -19,7           | 156,1           | -               | -               | -28,7           | 158,5           | -9,3            | 140,5           | -0,8            | 220,2           | -18,3           | 157,2           |                 |                 |
| INETI     | -196            | 501,9           |                 |                 | -225            | 482,8           | -219            | 529,8           | -240            | 484,2           | -159            | 484,6           | -254            | 511,1           | -215            | 486,9           | -               | -               | -224            | 487,7           | -205            | 482,2           | -196            | 511,1           | -214            | 487,3           |                 |                 |
| BMS       | 29,7            | 142,7           | 225,2           | 482,8           |                 |                 | 6,0             | 221,7           | -14,6           | 53,4            | 66,3            | 57,1            | -28,7           | 172,2           | 10,0            | 74,3            | -               | -               | 1,0             | 79,1            | 20,4            | 30,0            | 28,9            | 172,2           | 11,4            | 76,6            |                 |                 |
| BEV       | 23,7            | 260,8           | 219,2           | 529,8           | -6,0            | 221,7           |                 |                 | -20,6           | 224,7           | 60,3            | 225,6           | -34,7           | 278,0           | 4,0             | 230,6           | -               | -               | -5,0            | 232,2           | 14,4            | 220,3           | 23,0            | 278,0           | 5,4             | 231,3           |                 |                 |
| METAS     | 44,3            | 147,3           | 239,8           | 484,2           | 14,6            | 53,4            | 20,6            | 224,7           |                 |                 | 80,9            | 67,8            | -14,1           | 176,1           | 24,6            | 82,8            | -               | -               | 15,6            | 87,2            | 35,0            | 47,4            | 43,5            | 176,1           | 26,0            | 85,0            |                 |                 |
| CMI       | -36,6           | 148,7           | 158,9           | 484,6           | -66,3           | 57,1            | -60,3           | 225,6           | -80,9           | 67,8            |                 |                 | -95,0           | 177,2           | -56,3           | 85,2            | -               | -               | -65,3           | 89,5            | -45,9           | 51,4            | -37,4           | 177,2           | -54,9           | 87,3            |                 |                 |
| OMH       | 58,4            | 220,2           | 253,9           | 511,1           | 28,7            | 172,2           | 34,7            | 278,0           | 14,1            | 176,1           | 95,0            | 177,2           |                 |                 | 38,7            | 183,5           | -               | -               | 29,7            | 185,5           | 49,1            | 170,4           | 57,6            | 240,4           | 40,1            | 184,4           |                 |                 |
| JV        | 19,7            | 156,1           | 215,2           | 486,9           | -10,0           | 74,3            | -4,0            | 230,6           | -24,6           | 82,8            | 56,3            | 85,2            | -38,7           | 183,5           |                 |                 | -               | -               | -9,0            | 101,3           | 10,4            | 70,0            | 19,0            | 183,5           | 1,4             | 99,4            |                 |                 |
| CEM       | -               | -               | -               | -               | -               | -               | -               | -               | -               | -               | -               | -               | -               | -               | -               | -               | -               | -               | -               | -               | -               | -               | -               | -               | -               | -               | -               | -               |
| GUM       | 28,7            | 158,5           | 224,2           | 487,7           | -1,0            | 79,1            | 5,0             | 232,2           | -15,6           | 87,2            | 65,3            | 89,5            | -29,7           | 185,5           | 9,0             | 101,3           | -               | -               |                 |                 | 19,4            | 75,2            | 28,0            | 185,5           | 10,4            | 103,1           |                 |                 |
| MIKES     | 9,3             | 140,5           | 204,8           | 482,2           | -20,4           | 30,0            | -14,4           | 220,3           | -35,0           | 47,4            | 45,9            | 51,4            | -49,1           | 170,4           | -10,4           | 70,0            | -               | -               | -19,4           | 75,2            |                 |                 | 8,5             | 170,4           | -9,0            | 72,5            |                 |                 |
| NMI/VSL   | 0,8             | 220,2           | 196,3           | 511,1           | -28,9           | 172,2           | -23,0           | 278,0           | -43,5           | 176,1           | 37,4            | 177,2           | -57,6           | 240,4           | -19,0           | 183,5           | -               | -               | -28,0           | 185,5           | -8,5            | 170,4           |                 |                 | -17,6           | 184,5           |                 |                 |
| UME       | 18,3            | 157,2           | 213,8           | 487,3           | -11,4           | 76,6            | -5,4            | 231,3           | -26,0           | 85,0            | 54,9            | 87,3            | -40,1           | 184,4           | -1,4            | 99,4            | -               | -               | -10,4           | 103,1           | 9,0             | 72,5            | 17,6            | 184,5           |                 |                 |                 |                 |

**Table 6.5 Power factor: 0,0 lag**

| Lab j ->  | Arepa           |                 | INETI           |                 | BMS             |                 | BEV             |                 | METAS           |                 | CMI             |                 | OMH             |                 | JV              |                 | CEM             |                 | GUM             |                 | MIKES           |                 | NMI/VSL         |                 | UME             |                 |
|-----------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Lab i     | D <sub>ij</sub> | U <sub>ij</sub> | D <sub>ij</sub> | U <sub>ij</sub> | D <sub>ij</sub> | U <sub>ij</sub> | D <sub>ij</sub> | U <sub>ij</sub> | D <sub>ij</sub> | U <sub>ij</sub> | D <sub>ij</sub> | U <sub>ij</sub> | D <sub>ij</sub> | U <sub>ij</sub> | D <sub>ij</sub> | U <sub>ij</sub> | D <sub>ij</sub> | U <sub>ij</sub> | D <sub>ij</sub> | U <sub>ij</sub> | D <sub>ij</sub> | U <sub>ij</sub> | D <sub>ij</sub> | U <sub>ij</sub> | D <sub>ij</sub> | U <sub>ij</sub> |
| NIST      | -2,9            | 141,5           | -22,0           | 295,7           | -27,7           | 34,3            | -15,2           | 221,0           | 6,3             | 50,2            | 113,5           | 54,1            | 20,5            | 171,2           | -1,9            | 72,0            | -               | -               | -16,9           | 77,0            | 1,6             | 23,7            | -7,8            | 171,2           | 25,1            | 74,4            |
| CSIRO-NML | -7,9            | 142,0           | -27,0           | 296,0           | -32,7           | 36,3            | -20,2           | 221,3           | 1,3             | 51,6            | 108,5           | 55,4            | 15,5            | 171,7           | -6,9            | 73,0            | -               | -               | -21,9           | 77,9            | -3,4            | 26,6            | -12,8           | 171,7           | 20,1            | 75,4            |
| NPL       | 8,1             | 142,4           | -11,0           | 296,2           | -16,7           | 38,0            | -4,2            | 221,6           | 17,3            | 52,8            | 124,5           | 56,5            | 31,5            | 172,0           | 9,1             | 73,8            | -               | -               | -5,9            | 78,7            | 12,6            | 28,8            | 3,2             | 172,0           | 36,1            | 76,2            |
| IEN       | -5,9            | 143,2           | -25,0           | 296,5           | -30,7           | 40,8            | -18,2           | 222,1           | 3,3             | 54,9            | 110,5           | 58,4            | 17,5            | 172,7           | -4,9            | 75,3            | -               | -               | -19,9           | 80,1            | -1,4            | 32,4            | -10,8           | 172,7           | 22,1            | 77,6            |
| INTI      | 1,1             | 146,2           | -18,0           | 298,0           | -23,7           | 50,4            | -11,2           | 224,0           | 10,3            | 62,3            | 117,5           | 65,5            | 24,5            | 175,2           | 2,1             | 80,9            | -               | -               | -12,9           | 85,4            | 5,6             | 43,9            | -3,8            | 175,2           | 29,1            | 83,1            |
| VNIIM     | -16,9           | 143,2           | -36,0           | 296,6           | -41,7           | 40,9            | -29,2           | 222,1           | -7,7            | 54,9            | 99,5            | 58,5            | 6,5             | 172,7           | -15,9           | 75,4            | -               | -               | -30,9           | 80,1            | -12,4           | 32,5            | -21,8           | 172,7           | 11,1            | 77,7            |
| NRC       | -16,9           | 141,6           | -36,0           | 295,8           | -41,7           | 34,9            | -29,2           | 221,1           | -7,7            | 50,6            | 99,5            | 54,4            | 6,5             | 171,4           | -15,9           | 72,3            | -               | -               | -30,9           | 77,3            | -12,4           | 24,6            | -21,8           | 171,4           | 11,1            | 74,7            |
| PSB       | -9,9            | 154,2           | -29,0           | 302,0           | -34,7           | 70,3            | -22,2           | 229,3           | -0,7            | 79,3            | 106,5           | 81,8            | 13,5            | 181,9           | -8,9            | 94,6            | -               | -               | -23,9           | 98,4            | -5,4            | 65,8            | -14,8           | 181,9           | 18,1            | 96,4            |
| PTB       | 1,1             | 141,3           | -18,0           | 295,6           | -23,7           | 33,6            | -11,2           | 220,9           | 10,3            | 49,7            | 117,5           | 53,6            | 24,5            | 171,1           | 2,1             | 71,7            | -               | -               | -12,9           | 76,7            | 5,6             | 22,7            | -3,8            | 171,1           | 29,1            | 74,1            |
| INMETRO   | -18,9           | 153,4           | -38,0           | 301,6           | -43,7           | 68,5            | -31,2           | 228,8           | -9,7            | 77,7            | 97,5            | 80,3            | 4,5             | 181,2           | -17,9           | 93,3            | -               | -               | -32,9           | 97,2            | -14,4           | 63,9            | -23,8           | 181,2           | 9,1             | 95,2            |
| CENAM     | 3,1             | 151,2           | -16,0           | 300,5           | -21,7           | 63,3            | -9,2            | 227,3           | 12,3            | 73,2            | 119,5           | 75,9            | 26,5            | 179,3           | 4,1             | 89,6            | -               | -               | -10,9           | 93,6            | 7,6             | 58,3            | -1,8            | 179,3           | 31,1            | 91,5            |
| NIM       | -12,9           | 141,8           | -32,0           | 295,9           | -37,7           | 35,5            | -25,2           | 221,2           | -3,7            | 51,1            | 103,5           | 54,9            | 10,5            | 171,5           | -11,9           | 72,6            | -               | -               | -26,9           | 77,6            | -8,4            | 25,5            | -17,8           | 171,5           | 15,1            | 75,0            |
| MSL       | -9,9            | 144,8           | -29,0           | 297,3           | -34,7           | 46,0            | -22,2           | 223,1           | -0,7            | 58,9            | 106,5           | 62,2            | 13,5            | 174,0           | -8,9            | 78,3            | -               | -               | -23,9           | 82,9            | -5,4            | 38,8            | -14,8           | 174,0           | 18,1            | 80,5            |
| CSIR-NML  | 1,1             | 162,3           | -18,0           | 306,2           | -23,7           | 86,6            | -11,2           | 234,8           | 10,3            | 94,0            | 117,5           | 96,1            | 24,5            | 188,8           | 2,1             | 107,3           | -               | -               | -12,9           | 110,7           | 5,6             | 83,0            | -3,8            | 188,8           | 29,1            | 108,9           |
| SP        | 11,1            | 140,8           | -8,0            | 295,4           | -13,7           | 31,2            | -1,2            | 220,5           | 20,3            | 48,1            | 127,5           | 52,1            | 34,5            | 170,6           | 12,1            | 70,6            | -               | -               | -2,9            | 75,7            | 15,6            | 18,9            | 6,2             | 170,6           | 39,1            | 73,0            |
| Arepa     |                 |                 | -19,2           | 326,5           | -24,8           | 142,5           | -12,3           | 260,7           | 9,2             | 147,2           | 116,4           | 148,5           | 23,4            | 220,1           | 1,0             | 156,0           | -               | -               | -14,1           | 158,3           | 4,5             | 140,4           | -4,9            | 220,1           | 28,0            | 157,1           |
| INETI     | 19,2            | 326,5           |                 |                 | -5,6            | 296,2           | 6,9             | 368,0           | 28,3            | 298,5           | 135,5           | 299,1           | 42,5            | 340,4           | 20,2            | 302,9           | -               | -               | 5,1             | 304,1           | 23,7            | 295,2           | 14,3            | 340,4           | 47,1            | 303,5           |
| BMS       | 24,8            | 142,5           | 5,6             | 296,2           |                 |                 | 12,5            | 221,6           | 34,0            | 53,0            | 141,1           | 56,7            | 48,2            | 172,1           | 25,8            | 74,0            | -               | -               | 10,7            | 78,9            | 29,3            | 29,2            | 19,9            | 172,1           | 52,7            | 76,3            |
| BEV       | 12,3            | 260,7           | -6,9            | 368,0           | -12,5           | 221,6           |                 |                 | 21,5            | 224,6           | 128,7           | 225,5           | 35,7            | 278,0           | 13,3            | 230,5           | -               | -               | -1,8            | 232,1           | 16,8            | 220,2           | 7,4             | 278,0           | 40,3            | 231,2           |
| METAS     | -9,2            | 147,2           | -28,3           | 298,5           | -34,0           | 53,0            | -21,5           | 224,6           |                 |                 | 107,2           | 67,5            | 14,2            | 176,0           | -8,2            | 82,6            | -               | -               | -23,2           | 87,0            | -4,7            | 46,9            | -14,1           | 176,0           | 18,8            | 84,7            |
| CMI       | -116            | 148,5           | -136            | 299,1           | -141            | 56,7            | -129            | 225,5           | -107            | 67,5            |                 |                 | -93,0           | 177,1           | -115            | 85,0            | -               | -               | -130            | 89,3            | -112            | 51,0            | -121            | 177,1           | -88,4           | 87,0            |
| OMH       | -23,4           | 220,1           | -42,5           | 340,4           | -48,2           | 172,1           | -35,7           | 278,0           | -14,2           | 176,0           | 93,0            | 177,1           |                 |                 | -22,4           | 183,4           | -               | -               | -37,4           | 185,4           | -18,9           | 170,3           | -28,3           | 240,3           | 4,6             | 184,3           |
| JV        | -1,0            | 156,0           | -20,2           | 302,9           | -25,8           | 74,0            | -13,3           | 230,5           | 8,2             | 82,6            | 115,4           | 85,0            | 22,4            | 183,4           |                 |                 | -               | -               | -15,1           | 101,1           | 3,5             | 69,7            | -5,9            | 183,4           | 27,0            | 99,2            |
| CEM       | -               | -               | -               | -               | -               | -               | -               | -               | -               | -               | -               | -               | -               | -               | -               | -               | -               | -               | -               | -               | -               | -               | -               | -               | -               | -               |
| GUM       | 14,1            | 158,3           | -5,1            | 304,1           | -10,7           | 78,9            | 1,8             | 232,1           | 23,2            | 87,0            | 130,4           | 89,3            | 37,4            | 185,4           | 15,1            | 101,1           | -               | -               |                 |                 | 18,6            | 74,9            | 9,2             | 185,4           | 42,0            | 102,9           |
| MIKES     | -4,5            | 140,4           | -23,7           | 295,2           | -29,3           | 29,2            | -16,8           | 220,2           | 4,7             | 46,9            | 111,9           | 51,0            | 18,9            | 170,3           | -3,5            | 69,7            | -               | -               | -18,6           | 74,9            |                 |                 | -9,4            | 170,3           | 23,5            | 72,2            |
| NMI/VSL   | 4,9             | 220,1           | -14,3           | 340,4           | -19,9           | 172,1           | -7,4            | 278,0           | 14,1            | 176,0           | 121,3           | 177,1           | 28,3            | 240,3           | 5,9             | 183,4           | -               | -               | -9,2            | 185,4           | 9,4             | 170,3           |                 |                 | 32,9            | 184,3           |
| UME       | -28,0           | 157,1           | -47,1           | 303,5           | -52,7           | 76,3            | -40,3           | 231,2           | -18,8           | 84,7            | 88,4            | 87,0            | -4,6            | 184,3           | -27,0           | 99,2            | -               | -               | -42,0           | 102,9           | -23,5           | 72,2            | -32,9           | 184,3           |                 |                 |



Table 7.2 Power factor: 0,5 lead

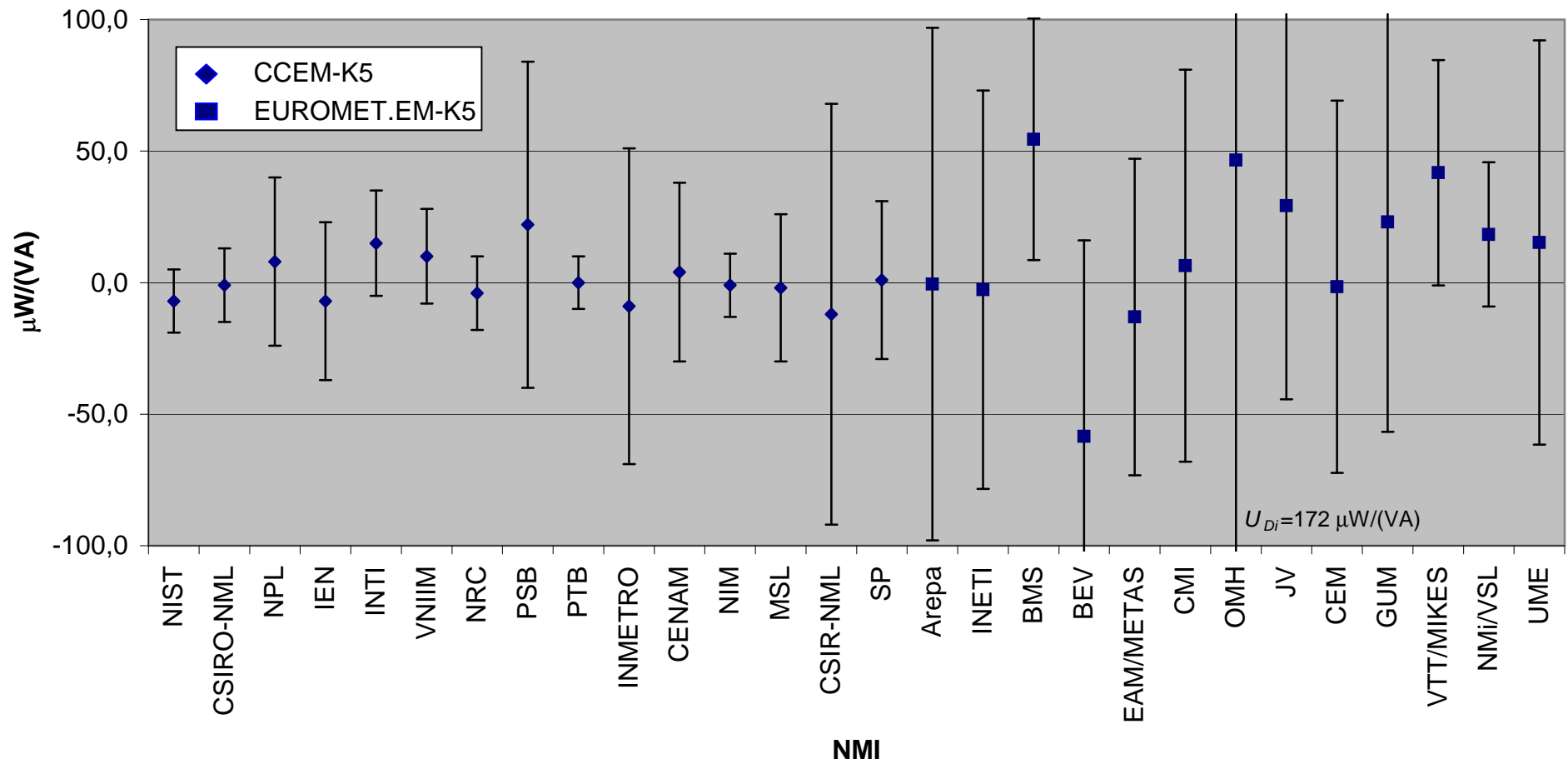
Table with columns for Lab j -> (NIST, CSIRO-NML, NPL, IEN, INTI, VNIIM, NRC, PSB, PTB, INMETRO, CENAM, NIM, MSL, CSIR-NML, SP, Arepa, INETI, BMS, BEV, METAS, CMI, OMH, JV, CEM, GUM, MIKES, NM/VSL, UME) and rows for Lab i (NIST, CSIRO-NML, NPL, IEN, INTI, VNIIM, NRC, PSB, PTB, INMETRO, CENAM, NIM, MSL, CSIR-NML, SP, Arepa, INETI, BMS, BEV, METAS, CMI, OMH, JV, CEM, GUM, MIKES, NM/VSL, UME).

Table 7.3 Power factor: 0,5 lag

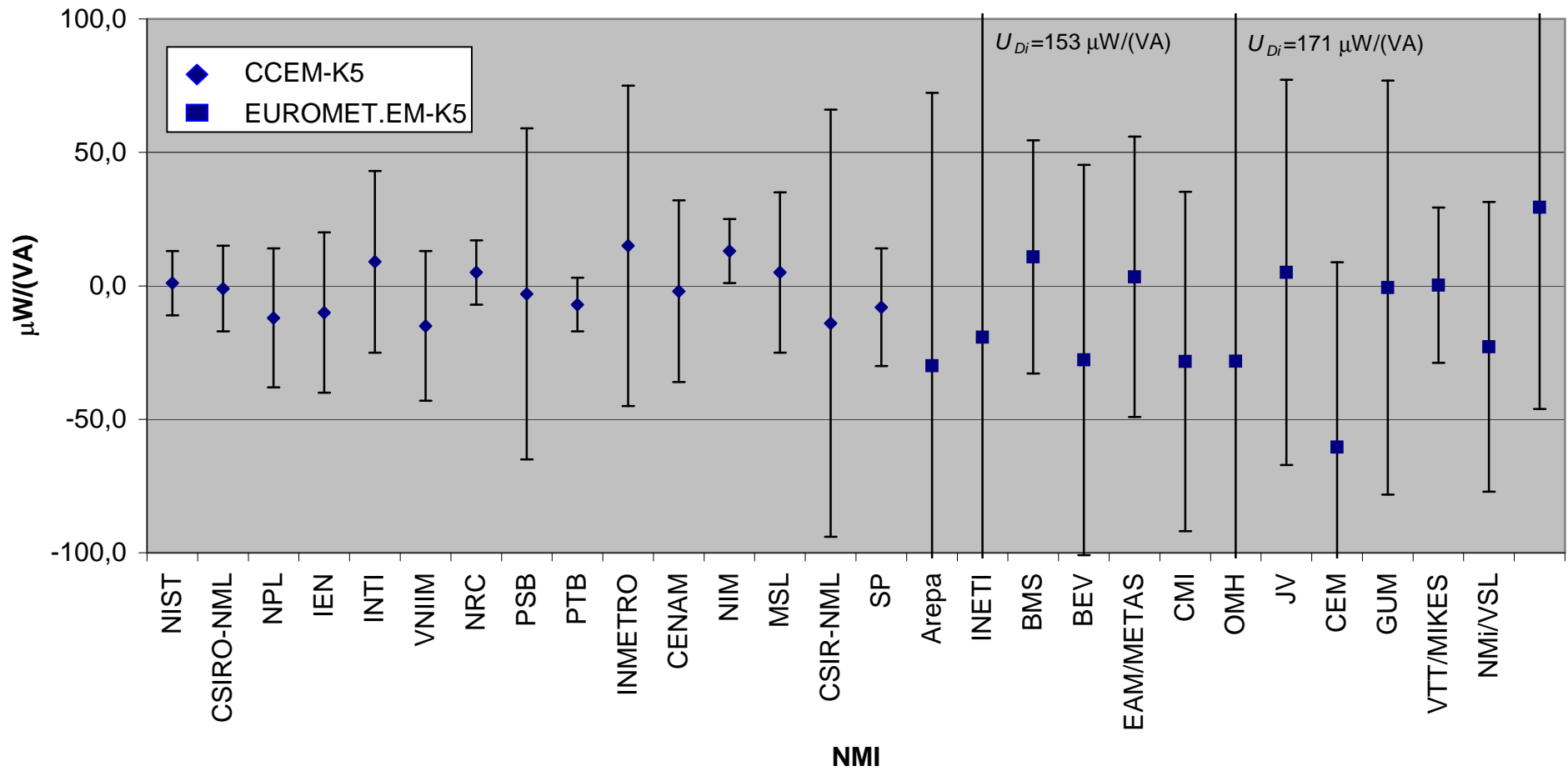
Table with columns for Lab j -> (NIST, CSIRO-NML, NPL, IEN, INTI, VNIIM, NRC, PSB, PTB, INMETRO, CENAM, NIM, MSL, CSIR-NML, SP, Arepa, INETI, BMS, BEV, METAS, CMI, OMH, JV, CEM, GUM, MIKES, NM/VSL, UME) and rows for Lab i (NIST, CSIRO-NML, NPL, IEN, INTI, VNIIM, NRC, PSB, PTB, INMETRO, CENAM, NIM, MSL, CSIR-NML, SP, Arepa, INETI, BMS, BEV, METAS, CMI, OMH, JV, CEM, GUM, MIKES, NM/VSL, UME).



**Fig. 1: CCEM-K5 and EUROMET.EM-K5: Deviation from CCEM-KCRV and the expanded uncertainty ( $k = 2$ ) for AC power measurements at 120 V, 5 A, PF 1.0**

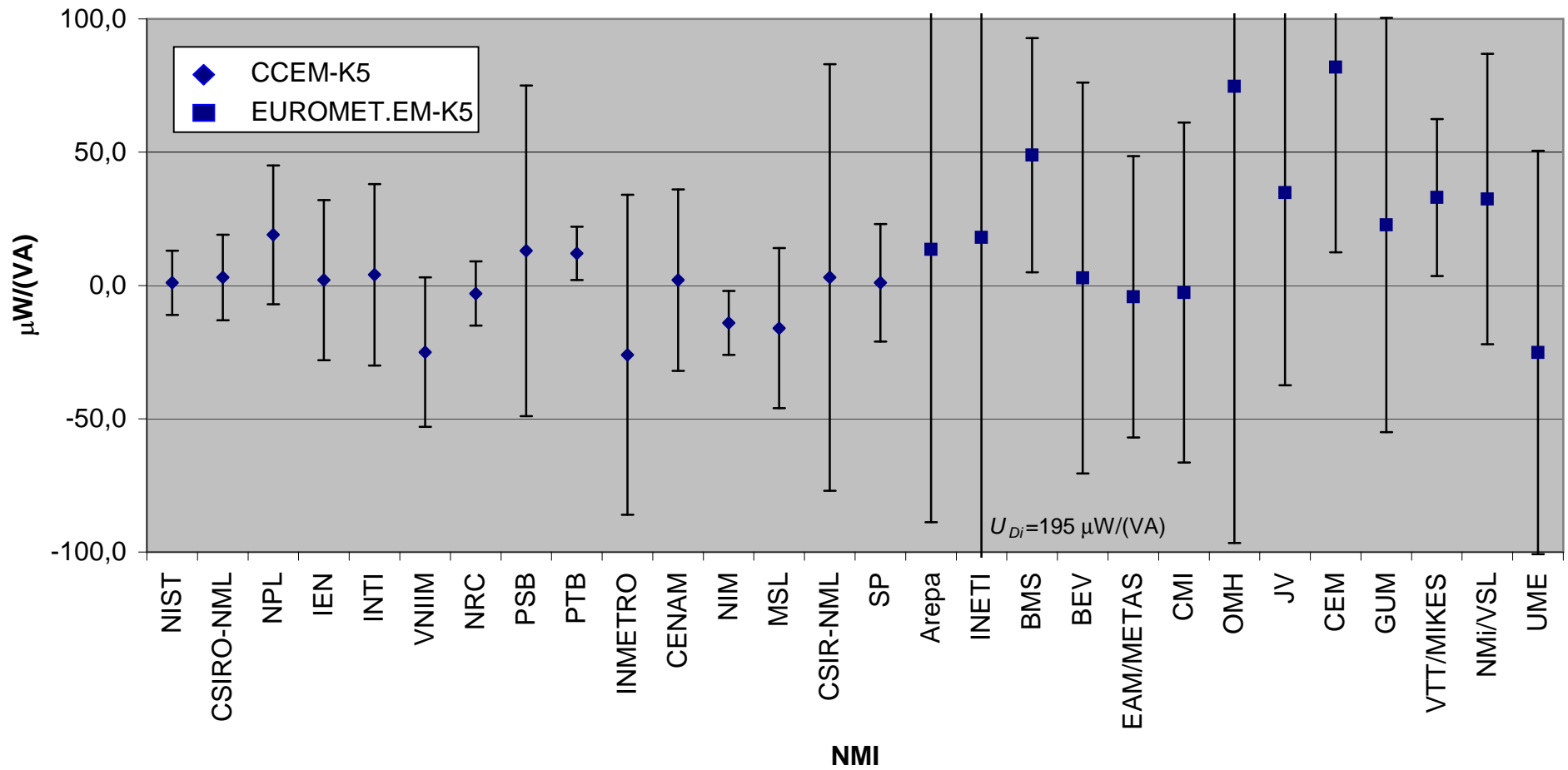


**Fig. 2: CCEM-K5 and EUROMET.EM-K5: Deviation from CCEM-KCRV and the expanded uncertainty ( $k = 2$ ) for AC power measurements at 120 V, 5 A, PF 0.5 Lead**

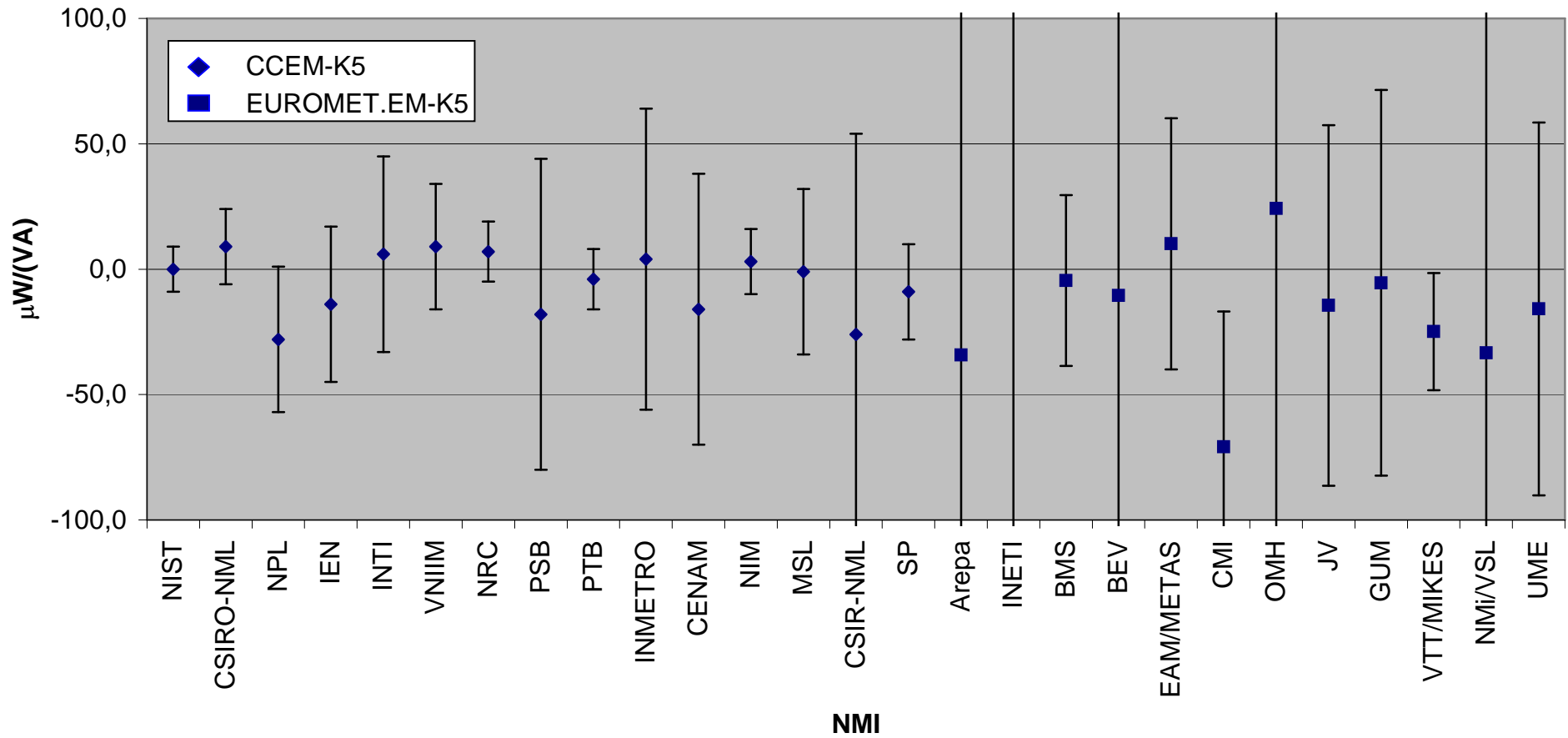




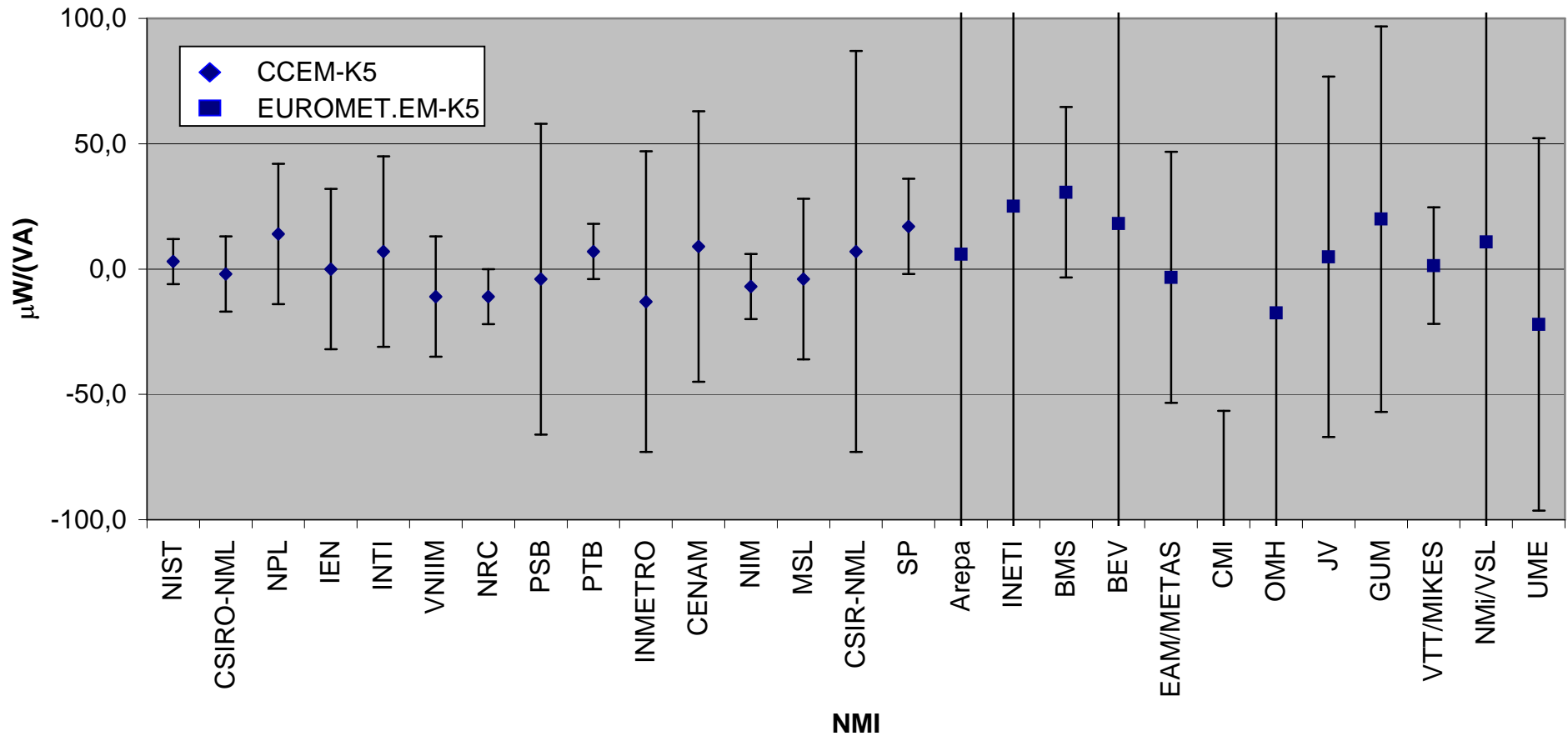
**Fig. 3: CCEM-K5 and EUROMET.EM-K5: Deviation from CCEM-KCRV and the expanded uncertainty ( $k = 2$ ) for AC power measurements at 120 V, 5 A, PF 0.5 Lag**



**Fig. 4: CCEM-K5 and EUROMET.EM-K5: Deviation from CCEM-KCRV and the expanded uncertainty ( $k = 2$ ) for AC power measurements at 120 V, 5 A, PF 0.0 Lead**  
 (see Table 4 for deviations and uncertainties which are not given within the drawing area)



**Fig. 5: CCEM-K5 and EUROMET.EM-K5: Deviation from CCEM-KCRV and the expanded uncertainty ( $k = 2$ ) for AC power measurements at 120 V, 5 A, PF 0.0 Lag**  
 (see Table 4 for deviations and uncertainties which are not given within the drawing area)





## Annex

### **Linking of the EUROMET.EM-K5 to the CCEM-K5 Comment on SP results**

In the WGLF meeting the linking document of the EUROMET.EM-K5 to the CCEM-K5 was discussed. As some of the figures shown in one of the slides were mixed up we would like to clarify the results of SP in the comparisons. The SP results shown for the EUROMET.EM-K5 was the deviation from the reference value. The two values from the measurements in 1996 and 2000 of the CCEM-K5 were the reported error of the travelling standard. Hence, the scatter seemed to be 70  $\mu\text{W/W}$ .

The results of SP in the key comparisons at the measuring point 120 V, 5 A and power factor one are:

| Key comparison | Year | Reported error travelling std<br>$\mu\text{W/W}$ | Reported expanded uncertainty<br>$\mu\text{W/W}$ | Deviation from reference value<br>DoE<br>$\mu\text{W/W}$ | Expanded uncertainty of<br>DoE<br>$\mu\text{W/W}$ |
|----------------|------|--|--|--|---|
| EUROMET.EM-K5  | 1997 | -79  | 30   | -39  | 32  |
| CCEM-K5 *      | 1996 | -10  | 30   | -43 *  | ----  |
| CCEM-K5        | 2000 | +27  | 30   | +1   | 30  |

\* Withdrawn, the deviation from the reference value is estimated by comparison with the results of the pilot laboratory before and after the measurements of SP.

In a two-year period after the measurements in 1996 and 1997 three significant sources of error and uncertainty were identified in the power standard of SP. These were explained in the final SP report on CCEM-K5, which is partly enclosed below. The three errors were in the order of 10  $\mu\text{W/W}$  each and all had unfortunately the same negative sign. Due to the elapsed time and the character of the error sources an accurate evaluation of their influence in the first comparisons was not possible, see below.

Based on the two measurements in 1996 and 1997, where the same measuring procedure was used, the difference in the deviation from the reference value is less than 10  $\mu\text{W/W}$ . But as the CEEM-K5 1996 measurement was withdrawn these results should not be used for linking. Although we are confident with our measurement in 2000 we agree that SP should not be one of the linking laboratories as the link between our measurements in 1997 and 2000 is too weak.

The question on the linking was sent by the coordinator of EUROMET.EM-K5 to my colleague, responsible for power and energy at SP, on Thursday 10 March and the above information was unfortunately not communicated to me before the WGLF meeting.

#### **SP Swedish National Testing and Research Institute Measurement Technology**

Karl-Erik Rydler

#### **From the SP report on CCEM-K5, section 9:**

##### **9. Changes in the DSWM 1997 - 2000**

The current shunt used in the 1997 comparison, of coaxial type in a metal housing, had a combination of higher than expected temperature coefficient and higher than expected temperature rise due to limited air convection. As this mainly was discovered after the comparison and it was not possible to exactly recreate the calibration circumstances, the DSWM uncertainty should have been higher. This shunt has been replaced with a new shunt with better air convection properties and hence a lower power dependence.

In the original comparison, the automatic reading of the DVM measuring the output of the power converter used a short integration time setting and the integration time dependence of the used DVM was out of its specification. This was discovered two years after the original comparison. Due to the elapsed time, its effect on the original comparison cannot be exactly determined, but it did probably account for 10 ppm of the discrepancy at power factor one. Since it was a gain error, it did probably not affect the measurements at power factor zero.

Another calibration strategy of the DSWM has been introduced before this comparison, where the sampling DVM inputs and the current shunt have been DC-calibrated and an AC/DC uncertainty figure has been added. AC measurement has been made, but only for confirmation purposes. This strategy lowers the calibration uncertainty component.

The effect of the aperture (integration) time on the gain error of the DVMs of the DSWM was further investigated. The gain stability uncertainty, especially in combination with the use of the ACAL function, was larger than earlier estimated and one of the largest uncertainty contributions. Since both the corrections and the uncertainties were significantly higher for shorter aperture times, the aperture time was prolonged, from 6 microseconds to 24 microseconds. Even after this change, the gain stability component is one of the largest contributions to the uncertainty at power factor one.

As a summary, the calibration strategy has been changed, some additional corrections have been made, and all uncertainty figures have been re-evaluated. While the estimates of the calibration uncertainty have decreased, the estimates of the stability uncertainty have increased. The total uncertainty therefore remains unchanged.