São Carlos, 30/05/2018

Disciplina: Estimação de estado em Sistemas de Energia Elétrica
Lista de exercícios nº10

1) Para o sistema teste de 14 barras do IEEE, cuja topologia é apresentada na Figura 1, estime as variáveis de estado através do estimador de estado por mínimos quadrados ponderados para os senários (a) e (b) apresentados a seguir, identificando e eliminando medidas portadoras de erros grosseiros (se existirem). Apresentar os valores das variáveis de estado estimadas, destacando as medidas que por ventura tenham sido identificadas como portadoras de erros grosseiros (apresente os respectivos resíduos normalizados): (a) Considerando os valores e desvios padrão das medidas analógicas disponíveis apresentados na Tabela 1; e (b) Considerando os valores e desvios padrão das medidas analógicas disponíveis apresentados na Tabela 2.

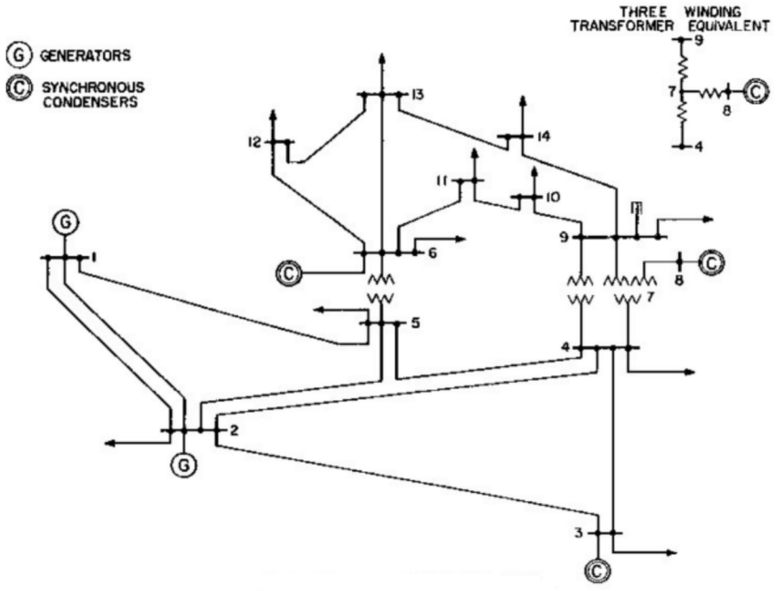

Figura 1 – Topologia do sistema de 14 barras do IEEE

Tabela 1

Medidas	Valores (p.u.)	Desvio padrão
P1	2.338379	0,015498
P2	0.183262	0,001221
P3	-0.954468	0,006291
P4	-0.476913	0,003173
P6	-0.112379	0,000746

P7	-0.000205	0,000050
P8	-0.000068	0,000050
P9	-0.297674	0,001976
P10	-0.090126	0,000600
P12	-0.060900	0,000407
P14	-0.147377	0,000991
Q1	-0.166041	0,001098
Q2	0.308738	0,002057
Q3	0.061356	0,000406
Q4	0.039123	0,000263
Q6	0.051279	0,000344
Q7	0.000186	0,000050
Q8	0.176648	0,001175
Q9	-0.166520	0,001111
Q10	-0.057541	0,000385
Q12	-0.016170	0,000108
Q14	-0.049818	0,000331
P1-2	1.589941	0,010463
P1-5	0.755920	0,005035
P3-2	-0.717531	0,004733
P5-2	-0.405654	0,002707
P4-3	0.237646	0,001583
P4-5	-0.607544	0,004076
P9-4	-0.162746	0,001074
P6-5	-0.440079	0,002940
P6-11	0.073416	0,000492
P6-12	0.078952	0,000519
P12-6	-0,076695	0,000514
P6-13	0.178391	0,001183
P7-8	0.000068	0,000050
P8-7	-0.000068	0,000050
P9-7	-0.282087	0,001874
P10-9	-0.051740	0,000346
P10-11	-0.038220	0,000253
P12-13	0.016086	0,000107
P14-13	-0.055388	0,000373
Q1-2	-0.203833	0,001357
Q1-5	0.038764	0,000259
Q3-2	0.016041	0,000107
Q5-2	-0.021410	0,000142
Q4-3	-0.048552	0,000323
Q4-5	0.158376	0,001056
Q9-4	0.017165	0,000114

Q6-5	-0.081788	0,000542
Q6-11	0.035256	0,000236
Q6-12	0.025101	0,000168
Q12-6	-0,023862	0,000158
Q6-13	0.071756	0,000482
Q7-8	-0.170960	0,001144
Q8-7	0.174521	0,001175
Q9-7	-0.049719	0,000335
Q10-9	-0.042005	0,000279
Q10-11	-0.015915	0,000106
Q12-13	0.007528	0,000050
Q14-13	-0.015974	0,000107
V1	1.061167	0,007069

(a) Resultado:

Convergência atingida em 6 iterações. tol = 0.001000

Estado Estimado:
Barra 1: 1.061956 - 0.000000
Barra 2: 1.046924 - -4.980266
Barra 3: 1.011826 - -12.726161
Barra 4: 1.019545 - -10.300486
Barra 5: 1.021373 - -8.766411
Barra 6: 1.071745 - -14.205197
Barra 7: 1.063337 - -13.349768
Barra 8: 1.091688 - -13.350360
Barra 9: 1.057763 - -14.928627
Barra 10: 1.052835 - -15.085133
Barra 11: 1.058732 - -14.774402
Barra 12: 1.056899 - -15.058304
Barra 13: 1.052111 - -15.138527
Barra 14: 1.037504 - -16.006180

```
=========================================================
Detecção de Erros Grosseiros
=========================================================
```

- Medida alguma foi identificada como portadora de EG;

Tabela 2

Medidas	Valores (p.u.)	Desvio padrão
P1	2.338379	0,015498
P2	0.183262	0,001221
P3	-0.954468	0,006291
P4	-0.476913	0,003173
P6	-0.112379	0,000746
P7	-0.000205	0,000050
P8	-0.000068	0,000050
P9	-0.297674	0,001976
P10	-0.090126	0,000600
P12	-0.060900	0,000407
P14	-0.147377	0,000991
Q1	-0.166041	0,001098
Q2	0.308738	0,002057
Q3	0.061356	0,000406
Q4	0.039123	0,000263
Q6	0.051279	0,000344
Q7	0.000186	0,000050
Q8	0.176648	0,001175
Q9	-0.166520	0,001111
Q10	-0.057541	0,000385
Q12	-0.016170	0,000108
Q14	-0.049818	0,000331
P1-2	1.589941	0,010463
P1-5	0.755920	0,005035
P3-2	-0.717531	0,004733
P5-2	-0.405654	0,002707
P4-3	0.237646	0,001583
P4-5	-0.607544	0,004076
P9-4	-0.162746	0,001074
P6-5	-0.440079	0,002940
P6-11	0.073416	0,000492
P6-12	0.078952	0,000519
P12-6	**-0.066885**	0,000514
P6-13	0.178391	0,001183
P7-8	0.000068	0,000050
P8-7	-0.000068	0,000050
P9-7	-0.282087	0,001874
P10-9	-0.051740	0,000346
P10-11	-0.038220	0,000253
P12-13	0.016086	0,000107
P14-13	-0.055388	0,000373

Q1-2	-0.203833	0,001357
Q1-5	0.038764	0,000259
Q3-2	0.016041	0,000107
Q5-2	-0.021410	0,000142
Q4-3	-0.048552	0,000323
Q4-5	0.158376	0,001056
Q9-4	0.017165	0,000114
Q6-5	-0.081788	0,000542
Q6-11	0.035256	0,000236
Q6-12	0.025101	0,000168
Q12-6	**-0.020518**	0,000158
Q6-13	0.071756	0,000482
Q7-8	-0.170960	0,001144
Q8-7	0.174521	0,001175
Q9-7	-0.049719	0,000335
Q10-9	-0.042005	0,000279
Q10-11	-0.015915	0,000106
Q12-13	0.007528	0,000050
Q14-13	-0.015974	0,000107
V1	1.061167	0,007069

(b) Resultado:

Convergência atingida em 6 iterações. tol = 0.001000

```
Convergencia atingida em 6 iteracoes. tol = 0.001000

Estado Estimado:
 Barra 1: 1.059314  - 0.000000
 Barra 2: 1.044327  - -4.993655
 Barra 3: 1.009188  - -12.762161
 Barra 4: 1.016942  - -10.326373
 Barra 5: 1.018736  - -8.791181
 Barra 6: 1.069223  - -14.211502
 Barra 7: 1.060722  - -13.369137
 Barra 8: 1.089126  - -13.369727
 Barra 9: 1.055132  - -14.944522
 Barra 10: 1.050190  - -15.101390
 Barra 11: 1.056101  - -14.788466
 Barra 12: 1.054718  - -15.049173
 Barra 13: 1.049916  - -15.131423
 Barra 14: 1.035181  - -16.008233



=========================================================
Detecção de Erros Grosseiros
=========================================================


Vetor r          Vetor r_norm
```

0.012663	0.849450
0.000094	0.623082
-0.009188	-1.576944
-0.002758	-1.620849
0.000959	3.191249
-0.000002	-1.804602
-0.000001	-0.014482
-0.001149	-0.712861
-0.000129	-0.263248
-0.001566	-4.789130
-0.001116	-1.540897
-0.000345	-0.426320
-0.002303	-1.498522
0.000150	0.422577
-0.000000	-0.000812
0.000747	4.241287
-0.000000	-0.097273
0.001030	0.955177
-0.000122	-0.130502
0.000240	0.781329
-0.000575	-7.629119
-0.000598	-2.513286
0.019815	1.967877
0.000330	0.068627
-0.007037	-1.542534
0.000700	0.278030
-0.000941	-1.035014
0.001312	0.388783
-0.002444	-2.418635
-0.002019	-0.717135
-0.000681	-2.523307
0.002740	5.870100
0.008639	**18.646725**
0.003978	3.688993
0.000001	0.014780
-0.000001	-0.016163
-0.002391	-1.356599
-0.000058	-0.328964
0.000095	0.950157
-0.000104	-2.617464
0.000312	1.354072
0.000786	0.666969
-0.000159	-1.209093
-0.000027	-0.531082
-0.000046	-0.880821
0.000018	0.061606
-0.000155	-0.161303
-0.000028	-0.414736
-0.001376	-3.063297
-0.000193	-1.426520
0.000620	4.070537
0.002529	17.872709
0.000742	1.656652
0.000078	0.074130
-0.001097	-1.017142
0.000059	0.282134
-0.000089	-0.524910

```
-0.000049        -1.579969
0.000077         3.327143
0.000133         2.329709
0.001853         0.265778


=========================================================
Teste do resíduo normalizado

Max Resid.Norm. = 18.646725  ===>Med[32] Pmk612
Teste Resíduo Normalizado: Retirar medida com maior residuo normalizado.
```

Retirando a medida Pmk 12-6, temos:

```
Convergencia atingida em 6 iteracoes. tol = 0.001000

Estado Estimado:
 Barra 1: 1.058924  - 0.000000
 Barra 2: 1.043927  - -4.997795
 Barra 3: 1.008742  - -12.775377
 Barra 4: 1.016490  - -10.337939
 Barra 5: 1.018356  - -8.793298
 Barra 6: 1.068673  - -14.272196
 Barra 7: 1.060222  - -13.409001
 Barra 8: 1.088647  - -13.409597
 Barra 9: 1.054619  - -14.999092
 Barra 10: 1.049675  - -15.156443
 Barra 11: 1.055588  - -14.843569
 Barra 12: 1.053919  - -15.137340
 Barra 13: 1.049109  - -15.219844
 Barra 14: 1.034428  - -16.090668


=========================================================
Detecção de Erros Grosseiros
=========================================================


Vetor r          Vetor r_norm
0.012887         0.864489
0.000087         0.574944
-0.009009        -1.546127
-0.002377        -1.397181
-0.000188        -0.640811
0.000000         0.011878
0.000000         0.000567
0.000573         0.355977
-0.000096        -0.195799
0.000436         1.412263
0.000340         0.472276
-0.000448        -0.554069
-0.002717        -1.768789
0.000111         0.312175
-0.000031        -0.566954
0.000727         4.129667
```

-0.000001	-0.203846
0.000976	0.904439
-0.000343	-0.367962
0.000221	0.718090
-0.000600	-7.963179
-0.000635	-2.669062
0.019659	1.952352
0.000711	0.147653
-0.006790	-1.488434
0.000185	0.073471
-0.000875	-0.962552
0.004972	1.475798
-0.001105	-1.096212
0.002308	0.822535
-0.000088	-0.329016
0.000686	1.512504
-0.000035	-0.032806
-0.000000	-0.000579
-0.000000	-0.001116
-0.000051	-0.029207
0.000006	0.035949
0.000064	0.637185
-0.000120	-3.030051
-0.000082	-0.355668
0.000664	0.563707
-0.000141	-1.069977
-0.000025	-0.490271
-0.000038	-0.737502
0.000043	0.151144
0.000308	0.320337
-0.000051	-0.742746
-0.001256	-2.795616
-0.000230	-1.706437
0.000568	3.732169
0.002508	**17.722483**
0.000691	1.543364
0.000126	0.119514
-0.001152	-1.067869
0.000081	0.385591
-0.000119	-0.700730
-0.000038	-1.240057
0.000073	3.173007
0.000140	2.446728
0.002242	0.321654

==========
Teste do resíduo normalizado

Max Resid.Norm. = 17.722483 ===>Med[50] **Qmk612**
Teste Resíduo Normalizado: Retirar medida com maior residuo normalizado.

Retirando a medida Qmk 12-6, portadora de EG, temos:

Convergencia atingida em 6 iteracoes. tol = 0.001000

```
Estado Estimado:
 Barra 1: 1.061723  - 0.000000
 Barra 2: 1.046693  - -4.981735
 Barra 3: 1.011586  - -12.730401
 Barra 4: 1.019307  - -10.303801
 Barra 5: 1.021142  - -8.768373
 Barra 6: 1.071498  - -14.213751
 Barra 7: 1.063091  - -13.356416
 Barra 8: 1.091449  - -13.357009
 Barra 9: 1.057514  - -14.937003
 Barra 10: 1.052585  - -15.093602
 Barra 11: 1.058483  - -14.782734
 Barra 12: 1.056640  - -15.069469
 Barra 13: 1.051851  - -15.149852
 Barra 14: 1.037243  - -16.017329


=========================================================
Detecção de Erros Grosseiros
=========================================================
```

- Medida alguma foi identificada como portadora de EG;