



**UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA**

**MODELADO Y SOLUCIÓN DEL DESPACHO  
ÓPTIMO REACTIVO MULTIPERIODO  
MEDIANTE UNA TÉCNICA DE OPTIMIZACIÓN  
METAHEURÍSTICA**

**Daniel Camilo Londoño Tamayo**

**Universidad de Antioquia**

**Facultad de ingeniería, Departamento de Ingeniería  
Eléctrica**

**Medellín, Colombia**

**2021**



**MODELADO Y SOLUCIÓN DEL DESPACHO ÓPTIMO REACTIVO  
MULTIPERÍODO MEDIANTE UNA TÉCNICA DE OPTIMIZACIÓN  
METAHEURÍSTICA**

**Daniel Camilo Londoño Tamayo**

Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:  
**Magister en Ingeniería**

Asesores:

Jesús María López Lezama Ph.D. en Ingeniería Eléctrica

Walter Mauricio Villa Acevedo MEng, Ph.D(c). en Ingeniería Eléctrica

Línea de Investigación:

Energética

Grupo de Investigación:

GIMEL

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Eléctrica

Medellín, Colombia

2021

## *Dedicatoria*

*Agradezco enormemente a Dios, mi padre Camilo que se encuentra en el cielo, mi madre Lucelly, a mi hermana Silvana y todos mis familiares, amigos, profesores y a la Universidad de Antioquia, por todo el apoyo brindado y por permitirme tan grande oportunidad de indagar y aportar nuevo conocimiento en ese universo infinitamente grande de la ingeniería eléctrica.*

*“Hay una fuerza motriz más poderosa que el vapor, la electricidad y la energía atómica: la voluntad”*

*Albert Einstein*

## **CONTENIDO**

1.	ANEXOS .....	2
----	--------------	---

**LISTA DE TABLAS**

<b>Tabla 17.</b> Solución de despacho óptimo de potencia reactiva multiperiodo para sistema IEEE 30-bus corrida 1 (t=1 a t=12).....	2
<b>Tabla 18.</b> Solución de despacho óptimo de potencia reactiva multiperiodo para sistema IEEE 30-bus corrida 1 (t=13 a t=24).....	3
<b>Tabla 19.</b> Solución de despacho óptimo de potencia reactiva multiperiodo para sistema IEEE 57-bus corrida 1 (t=1 a t=12).....	3
<b>Tabla 20.</b> Solución de despacho óptimo de potencia reactiva multiperiodo para sistema IEEE 57-bus corrida 1 (t=13 a t=24).....	4

## 1. ANEXOS

En las tablas 17-20 se muestra un resumen de las soluciones encontradas para la corrida N°1, para el sistema de prueba IEEE de 30 y 57 nodos y los valores de pérdidas de potencia activa alcanzados hora a hora, para el caso base y para el caso de despacho óptimo de potencia reactiva multiperiodo.

**Tabla 1.** Solución de despacho óptimo de potencia reactiva multiperiodo para sistema IEEE 30-bus corrida 1(t=1 a t=12).

Variable de control	Tiempo(h)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
V <sub>G1</sub>	1.0213	1.028	1.04	1.019	1.0198	0.9943	1.0378	0.9838	1.025	1.0138	1.0168	1.0325
V <sub>G2</sub>	1.022	1.0265	1.04	1.0198	1.022	0.995	1.0393	0.9845	1.0205	1.013	1.0168	1.0273
V <sub>G22</sub>	1.0415	0.95675	1.05425	1.0468	1.0468	1.0453	1.0205	1.0265	0.9725	1.0528	1.0063	1.073
V <sub>G27</sub>	1.0333	1.055	1.07075	0.9995	1.043	1.0865	1.0588	1.0123	1.0813	1.043	1.0318	1.0745
V <sub>G23</sub>	1.0753	1.06625	1.034	1.0055	0.9598	1.0423	0.983	1.0588	1.0745	0.959	1.0288	0.9905
V <sub>G13</sub>	1.0235	1.03775	1.03325	1.0325	1.0183	1.0183	1.046	1.0175	1.0693	1.055	1.0655	1.0738
T <sub>6-9</sub>	1	0.97	0.97	1	1.01	0.98	1.01	1.02	1	0.99	0.99	1.02
T <sub>6-10</sub>	1.01	1.02	1.02	0.98	0.98	0.99	0.97	0.94	0.96	0.96	0.99	0.99
T <sub>4-12</sub>	0.97	0.95	0.96	0.95	0.93	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.95	0.96
T <sub>28-27</sub>	1.01	1.01	1.01	1	0.99	1	1.02	1.02	1.02	0.99	0.99	1.01
Q <sub>C10</sub>	0.02	0.02	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
Q <sub>C12</sub>	0.02	0.02	0.02	0.04	0.04	0.04	0.04	0.02	0.01	0.03	0.03	0.03
Q <sub>C15</sub>	0.02	0	0	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01
Q <sub>C17</sub>	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.02	0.02	0.02	0.02
Q <sub>C20</sub>	0.01	0.01	0.01	0.01	0	0.01	0.01	0.01	0.01	0.04	0.03	0.01
Q <sub>C21</sub>	0.03	0	0	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01
Q <sub>C23</sub>	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0
Q <sub>C24</sub>	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	0.01	0	0.02	0.02	0.01
Q <sub>C29</sub>	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01
P <sub>loss, Compensación</sub>	2.9029	2.68759	2.37401	2.6215	2.915	3.3817	6.3353	10.733	14.834	15.903	15.468	15.08
P <sub>loss, caso base</sub>	3.36	3.13	2.77	3.04	3.33	3.86	6.88	11.39	16.18	18.22	18.19	16.69

**Tabla 2.** Solución de despacho óptimo de potencia reactiva multiperiodo para sistema IEEE 30-bus corrida 1(t=13 a t=24).

Variable de control	Tiempo(h)											
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
V <sub>G1</sub>	1.0228	1.0265	1.02875	1.0228	1.0265	1.0175	1.0318	1.0033	0.9988	1.0415	1.025	1.058
V <sub>G2</sub>	1.019	1.02575	1.028	1.0265	1.025	1.0175	1.0333	1.0063	1.0003	1.0453	1.0295	1.058
V <sub>G22</sub>	0.9748	1.061	1.07525	1.0828	1.0558	0.9643	1.079	1.0588	1.0265	1.0408	1.052	0.9935
V <sub>G27</sub>	1.0078	1.00925	1.00025	0.998	1.016	1.0678	1.0663	1.0408	1.0603	1.097	1.0535	1.07
V <sub>G23</sub>	1.028	0.99425	0.95975	1.0055	1.0618	0.9688	1.0048	1.0723	0.9845	0.9973	1.0805	1.0603
V <sub>G13</sub>	1.0535	1.08275	1.07075	1.0685	1.0618	1.0438	1.0378	1.0228	1.0205	1.037	1.0408	1.0303
T <sub>6-9</sub>	1.01	1.02	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	1.02
T <sub>6-10</sub>	0.98	0.98	1.01	1.01	0.99	0.99	0.99	0.99	1	1.01	1.04	1.03
T <sub>4-12</sub>	0.95	0.97	0.97	0.96	0.96	0.97	0.95	0.92	0.96	0.95	0.96	0.95
T <sub>28-27</sub>	1.01	1.02	1.01	1.01	1.02	1.05	1.05	1.03	1.02	1.04	1.03	1.03
Q <sub>C10</sub>	0.03	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.04
Q <sub>C12</sub>	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02
Q <sub>C15</sub>	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02
Q <sub>C17</sub>	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.04	0.04	0.04	0.03	0.02
Q <sub>C20</sub>	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03
Q <sub>C21</sub>	0.01	0	0	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Q <sub>C23</sub>	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0	0	0	0	0.01	0	0
Q <sub>C24</sub>	0	0	0	0.01	0	0	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02
Q <sub>C29</sub>	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01
P <sub>loss, Compensación</sub>	15.992	14.6666	13.287	14.162	12.146	11.25	11.104	9.6442	7.8377	4.6872	3.6684	3.1955
P <sub>loss, caso base</sub>	17.98	17.44	14.51	14.75	13.04	12.02	11.57	10.35	8.42	6.69	4.15	3.74

**Tabla 3.** Solución de despacho óptimo de potencia reactiva multiperiodo para sistema IEEE 57-bus corrida 1(t=1 a t=12).

Variable de control	Tiempo(h)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
V <sub>G1</sub>	1.0138	1.015	1.009	1.003	1.004	1.0144	1.012	1.001	1.024	1.0336	1.031	1.0215
V <sub>G2</sub>	1.0127	1.015	1.015	1.003	1.004	1.0149	1.019	1.003	1.023	1.032	1.033	1.0182
V <sub>G3</sub>	1.0138	1.019	1.003	0.997	1.01	1.0078	1.009	1.001	1.008	1.0182	1.023	1.0089
V <sub>G6</sub>	1.0061	1.019	1.003	0.99	1.01	1.0017	0.999	1.003	0.999	1.0166	1.022	1.0034
V <sub>G8</sub>	1.01	1.026	0.998	0.992	1.023	1.0017	1.007	1.017	1.025	1.0331	1.039	1.0226
V <sub>G9</sub>	1.0072	1.02	0.996	0.989	1.014	0.9995	1.004	1	1.006	1.0155	1.02	1.0034
V <sub>G12</sub>	1.0039	1.019	0.998	0.991	1.009	1.0017	1.003	1.004	1.01	1.0182	1.025	1.0105
T <sub>4-18</sub>	1	0.97	1.05	0.99	1.05	1.02	1	1	0.99	0.94	0.98	0.95

<b>T<sub>4-18</sub></b>	0.99	0.98	0.97	0.99	0.95	0.98	1.02	0.99	1.02	0.94	0.96	0.92
<b>T<sub>21-20</sub></b>	1.03	0.97	1.02	1.01	1	0.98	1.01	1	1.01	0.99	0.98	0.97
<b>T<sub>24-26</sub></b>	1.01	1.04	1	0.99	1	1	0.99	1.02	1.02	1.02	1	1.01
<b>T<sub>7-29</sub></b>	0.99	1	0.96	0.98	1	0.99	1	0.97	1	0.97	0.95	0.95
<b>T<sub>34-32</sub></b>	0.95	1.02	0.99	0.97	1.01	0.99	0.95	0.94	0.98	0.95	0.96	0.97
<b>T<sub>11-41</sub></b>	1.01	0.98	0.92	0.99	1.05	0.98	1.03	0.99	1	0.95	0.95	0.97
<b>T<sub>15-45</sub></b>	1	0.98	0.97	1	0.99	1.01	1	0.96	0.96	0.95	0.95	0.95
<b>T<sub>14-46</sub></b>	0.99	0.97	0.95	1	0.99	1	1.02	0.96	0.96	0.94	0.93	0.95
<b>T<sub>10-51</sub></b>	0.98	0.98	0.96	0.98	0.99	1	1	0.97	0.97	0.96	0.97	0.96
<b>T<sub>13-49</sub></b>	0.99	0.97	0.95	0.97	0.97	0.98	0.98	0.93	0.92	0.92	0.93	0.91
<b>T<sub>11-43</sub></b>	0.95	0.99	0.95	0.96	0.93	0.98	1	0.95	0.94	0.93	0.94	0.93
<b>T<sub>40-56</sub></b>	1.01	1.01	1.03	1.04	0.96	0.99	1.03	1.05	1.06	1	1.03	1.02
<b>T<sub>39-57</sub></b>	1.01	1	0.97	0.98	1	1.01	0.97	1.03	0.99	1	0.95	1.01
<b>T<sub>9-55</sub></b>	0.98	0.99	0.95	0.97	1.01	1	1.01	0.97	1	0.99	0.97	0.97
<b>Q<sub>C18</sub></b>	0	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
<b>Q<sub>C25</sub></b>	10	0	0	10	10	10	10	10	10	10	10	10
<b>Q<sub>C53</sub></b>	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
<b>P<sub>loss, Compensación</sub></b>	2.9029	2.688	2.374	2.622	2.915	3.3817	6.335	10.73	14.83	15.903	15.47	15.08
<b>P<sub>loss, caso base</sub></b>	3.36	3.13	2.77	3.04	3.33	3.86	6.88	11.39	16.18	18.22	18.19	16.69

**Tabla 4.** Solución de despacho óptimo de potencia reactiva multiperiodo para sistema IEEE 57-bus corrida 1(t=13 a t=24).

Variable de control	Tiempo(h)											
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
<b>V<sub>G1</sub></b>	1.0193	1.041	1.02	1.017	1.014	1.0226	1.009	1.018	1.011	1.0116	1.021	1.0122
<b>V<sub>G2</sub></b>	1.0221	1.045	1.025	1.017	1.018	1.0298	1.015	1.017	1.014	1.0094	1.015	1.0094
<b>V<sub>G3</sub></b>	1.0105	1.036	1.022	1.012	1.014	1.0144	1.007	1.018	1.011	1.0034	1.014	1.0056
<b>V<sub>G6</sub></b>	1.0023	1.028	1.02	1.006	1.022	1.0039	1	1.01	1.008	1.0034	1.017	0.9995
<b>V<sub>G8</sub></b>	1.0171	1.033	1.033	1.022	1.03	1.0193	1.011	1.02	1.019	1.0045	1.019	1.0094
<b>V<sub>G9</sub></b>	0.9929	1.024	1.01	1.009	1.011	0.9979	1	1.014	0.997	0.9973	1.007	1.0017
<b>V<sub>G12</sub></b>	0.9957	1.03	1.014	1.024	1.014	1.0061	1.001	1.02	0.998	1.0012	1.009	1.0078
<b>T<sub>4-18</sub></b>	0.94	0.96	0.94	0.91	0.98	1.01	0.98	0.99	1.01	1.02	0.96	1.03
<b>T<sub>4-18</sub></b>	0.99	1	1.04	1.01	0.99	0.98	0.94	1.02	0.98	1.02	1.01	0.94
<b>T<sub>21-20</sub></b>	1.03	1	1.05	1	1.03	1	0.98	1.03	0.97	1.03	1.04	1.03
<b>T<sub>24-26</sub></b>	1.03	1.01	1.02	1.04	1.01	1.01	1.03	1.02	0.98	0.99	1	0.97
<b>T<sub>7-29</sub></b>	0.95	0.95	0.95	0.97	0.97	0.97	1	0.98	0.98	0.98	1.01	0.97
<b>T<sub>34-32</sub></b>	0.96	0.97	0.96	0.93	0.97	0.95	0.95	0.97	0.97	1.01	0.99	0.98
<b>T<sub>11-41</sub></b>	0.94	0.97	0.93	0.97	0.9	0.93	0.97	0.96	0.98	0.97	0.94	0.96
<b>T<sub>15-45</sub></b>	0.92	0.95	0.93	0.96	0.94	0.97	0.96	0.99	0.99	0.98	1.01	0.97



<b>T<sub>14-46</sub></b>	0.92	0.95	0.93	0.96	0.95	0.95	0.97	0.98	1	0.99	0.99	0.98
<b>T<sub>10-51</sub></b>	0.9	0.94	0.94	0.97	0.96	0.96	0.97	0.98	0.99	0.98	0.99	0.99
<b>T<sub>13-49</sub></b>	0.9	0.93	0.91	0.93	0.93	0.93	0.96	0.96	0.96	0.96	0.97	0.98
<b>T<sub>11-43</sub></b>	0.96	0.99	0.95	0.97	0.93	0.95	0.98	0.92	0.96	1	0.99	0.97
<b>T<sub>40-56</sub></b>	1.05	1.03	1.04	1.03	1.01	1.04	1.03	0.96	0.99	1.04	0.99	0.98
<b>T<sub>39-57</sub></b>	0.98	1.01	1.01	1.03	1.02	1.05	0.99	0.97	1	1.04	1.01	0.98
<b>T<sub>9-55</sub></b>	0.95	0.96	0.95	0.96	0.98	0.98	1.02	0.99	0.98	0.98	1.02	0.97
<b>Q<sub>C18</sub></b>	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	0	0
<b>Q<sub>C25</sub></b>	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
<b>Q<sub>C53</sub></b>	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
<b>P<sub>loss, Compensación</sub></b>	15.992	14.67	13.29	14.16	12.15	11.25	11.1	9.644	7.838	4.6872	3.668	3.1955
<b>P<sub>loss, caso base</sub></b>	17.98	17.44	14.51	14.75	13.04	12.02	11.57	10.35	8.42	6.69	4.15	3.74