

dos los candidatos á la Diputación á Cortes ofrecían trabajar para conseguir su construcción; pero nada se hizo hasta que D. Federico Requejo logró se estudiara la carretera de Fonfría á la de Salamanca á Fermoselle, y con ella el puente, trabajo que hizo el Sr. Ribera; aprobado ya el proyecto, salió éste á subasta, no habiendo postor; en nueva subasta tampoco se decidió ninguna casa constructora á encargarse de la obra, precisamente por las dificultades del montaje; por fin, la Sociedad Duro-Felguera se quedó con ella y comenzó ésta; pero al llegar el montaje volvieron nuevamente las dificultades; la Sociedad Duro-Felguera desistió la obra á otra Sociedad que se titulaba de Montajes, y comenzó ésta sus trabajos, suspendiéndolos y abandonándolos cuando se produjo el pánico de que antes hablamos, en la palizada IV; vuelve á encargarse la casa constructora del montaje, y el montador que estaba al frente de la obra, D. Robustiano Fernández, obrero inteligentísimo que interpreta maravillosamente las órdenes que recibe, se comprometió á verificar el montaje, y únicamente con obreros del país, que nunca habían hecho más que arar, educados por este montador, ha podido conseguir ver felizmente terminada la obra, sin que durante el montaje del arco, punto peligrosísimo de ella, haya ocurrido incidente ni accidente alguno.

Terminaré consignando que este puente, que siempre se denominó de Pino, á instancia de varios Ayuntamientos se le ha cambiado el nombre por Real orden de 4 de Octubre último, y en la actualidad se llama oficialmente como consigno en la cabeza de estas notas, nombre que en justicia debe llevar, pues sin los asiduos trabajos del Sr. Requejo en su paso por la Dirección

general de Obras públicas, así como anterior y posteriormente, es seguro que hoy estaría la obra en la misma situación que el año 1897 al terminar el Sr. Ribera su proyecto.

Zamora, Agosto 1914.

MIGUEL FERNÁNDEZ.

ANÁLISIS DE LAS CURVAS DE LAS CORRIENTES ALTERNAS

MÉTODO DE FOURIER—MÉTODO DE RUNGE

SIMPLIFICACIÓN DE LOS CÁLCULOS (1)

por

F. W. GROVER

VERSIÓN ESPAÑOLA

por

B. O. R.

INGENIERO DE CAMINOS

b) Segundo método. Descomposición de la corriente.—El procedimiento seguido es completamente análogo al del método anterior; se desarrolla en las tablas 21 y 22, que tienen la misma disposición que las 19 y 20, y se comprueba como en aquél.

La comparación de las ecuaciones de las cuatro curvas se hace en la tabla 23, en la cual se observa que las obtenidas por un método son completamente diferentes de las del otro, así como que la comprobación da resultados bastante aceptables si se tiene en cuenta el número de cifras significativas con que se han hecho los cálculos.

TABLA 21

Cálculo de la ecuación de la componente e_i de la curva de la potencia.

(Descomposición de la curva de la corriente.)

	E_m	I_n	θ_m	E_1	E_3	E_5	E_7	E_9	E_{11}	E_{13}	E_{15}	E_{17}
1	33,217	12,380	1°6	411,23	12,01	21,07	2,70	4,40	2,54	15,49	18,92	1,97
3	0,970	0,856	6°3	28,43	0,83	1,46	0,19	0,30	0,175	1,07	1,31	0,135
5	1,702	0,0972	208°8	3,23	0,095	0,165	0,02	0,035	0,02	0,12	0,15	0,015
7	0,218	—0,200	268°1	—0,64	—0,195	—0,34	—0,04	—0,07	—0,04	—0,25	—0,31	—0,03
9	0,355	0,0149	20°1	0,50	0,01	0,025	0,00	0,01	0,00	0,02	0,02	0,00
11	0,205	0,121	211°8	4,02	0,12	0,205	0,03	0,04	0,025	0,15	0,185	0,02
13	1,251	0,0379	49°3	1,26	0,04	0,065	0,01	0,01	0,01	0,05	0,06	0,01
15	1,528	0,187	235°6	6,215	0,18	0,32	0,04	0,07	0,04	0,23	0,29	0,03
17	0,159	—0,0117	51°1	—0,39	—0,01	—0,02	0,00	0,00	0,00	—0,015	—0,02	0,00

Cálculo del término correspondiente á 12 pt.

m	n	$E_m I_n$	$(\theta_m + \theta_n)$	$\pm (\theta_m - \theta_n)$	Amplitudes. M	Fases. α	$\sin \alpha$	$\cos \alpha$	$M \sin \alpha$	$M \cos \alpha$
1	11	—4,02	213°4		—6,56	213°4	—0,5595	—0,8348	3,61	5,47
11	1	—2,54	"		16,75	47°7	0,7396	0,6730	12,39	11,27
1	13	1,26	"	47°7	—0,31	26°4	0,4446	0,8957	—0,14	—0,28
13	1	15,49	"	"	1,49	229°3	—0,7581	—0,6521	—1,13	—0,97
3	9	—0,01	23°4		0,32	476°9	0,8918	—0,4524	0,29	—0,14
9	3	—0,30	"		—0,005	—157°7	—0,3795	—0,9252		
3	15	0,18	"	229°3						
15	3	1,31	"	"					15,02	15,35
5	7	0,34	476°9							
7	5	—0,02	"							
5	17	—0,02	"	—157°7						
17	5	0,015	"	"						

$$M = \sqrt{15,02^2 + 15,35^2} = 21,48$$

$$\tan \gamma = \frac{-15,35}{15,02}$$

$$\gamma = 314°3$$

(1) Véase el número anterior.

TABLA 22

Cálculo de la ecuación de la componente $e i_2$ de la curva de la potencia.

(Descomposición de la curva de la potencia.)

	E_m	I''_n	θ_m	E_1	E_3	E_5	E_7	E_9	E_{11}	E_{13}	E_{15}	E_{17}
1	33,217	-26,916	1° 6	-894,08	-26,11	-45,81	-5,87	-9,56	-5,52	-33,68	-41,13	-4,285
3	0,970	-3,770	6° 3	-125,23	-3,655	-6,415	-0,82	-1,34	-0,77	-4,72	-5,77	-0,60
5	1,702	0,448	208° 8	14,82	0,435	0,76	0,10	0,16	0,09	0,56	0,685	0,07
7	0,218	0,0688	268° 1	2,28	0,07	0,12	0,015	0,025	0,015	0,085	0,105	0,01
9	0,355	-0,154	20° 1	-5,12	-0,15	-0,26	-0,03	-0,055	-0,03	-0,19	-0,235	-0,025
11	0,205	0,109	211° 8	3,62	0,105	0,185	0,02	0,04	0,02	0,14	0,17	0,02
13	1,251	-0,210	49° 3	-6,975	-0,20	-0,36	-0,05	-0,075	-0,04	-0,26	-0,32	-0,03
15	1,528	0,0212	235° 6	0,70	0,02	0,04	0,00	0,01	0,00	0,025	0,03	0,00
17	0,159	0,0517	51° 1	1,72	0,05	0,09	0,01	0,02	0,01	0,065	0,08	0,01

Cálculo del término correspondiente a 12 pt.

m	n	$E_m I''_n$	$(\theta_m + \theta_n)$	$\pm (\theta_m - \theta_n)$	Amplitudes. M	Fases. α	$\sin \alpha$	$\cos \alpha$	$M \sin \alpha$	$M \cos \alpha$
1	11	3,62	213° 4		-1,90	213° 4	-0,5505	-0,8348	1,05	1,59
11	1	-5,52	"		-26,705	47° 7	0,7396	0,6730	-19,75	-17,97
1	13	6,975		47° 7	-1,49	26° 4	0,4446	0,8957	-0,66	-1,34
13	1	-33,68		"	-5,79	229° 3	-0,7581	-0,6521	4,39	3,78
3	9	-0,15	26° 4		0,22	476° 9	0,8918	-0,4524	0,20	-0,10
9	3	-1,34	"		-0,02	-157° 7	-0,3795	-0,9252	0,01	0,02
3	15	-0,02		229° 3						
15	3	-5,77		"						
5	7	0,12	476° 9						-14,76	-14,02
7	5	0,10	"							
5	17	-0,09		-157° 7						
17	5	0,07		"						

$$N = \sqrt{14,76^2 + 14,02^2} = 20,33$$

$$\tan \gamma = \frac{-14,76}{-14,02}$$

$$\gamma = 226^\circ,5$$

Comprobación del término correspondiente a 12 pt.

Componente.	Amplitudes. M	Fases. α	$\sin \alpha$	$\cos \alpha$	$M \sin \alpha$	$M \cos \alpha$
$e i_1$	21,48	314,3	-0,7157	0,6984	-15,35	15,02
$e i_2$	20,33	226,5	-0,7251	-0,6884	-14,76	-14,02
					-30,11	1,00

Con la curva de la potencia:

$$N = 30,12$$

$$\gamma = 271^\circ,9$$

$$N = \sqrt{30,11^2 + 1,00^2} = 30,12$$

$$\tan \gamma = \frac{-30,11}{1,00}$$

$$\gamma = 271^\circ,9$$

No carece de interés la comparación de estas curvas con las encontradas al hacer el análisis de las C y D (fig. 3.^a), determinadas experimentalmente.

Estas curvas se han analizado en el modelo 3.^o del apéndice B, y los resultados están en la tabla 17 con los valores calculados de la tabla 23; habiéndose reducido las amplitudes para que

concurran con la escala de las curvas. Los valores calculados están en la columna C , los obtenidos con el análisis en la A . Las fases se han reducido a la escala de la armónica fundamental de las curvas de la $f. e. m.$ y de la corriente. La concordancia entre las curvas obtenidas por los dos métodos es muy aceptable; no era de esperar que fuera mayor.

TABLA 23

Comparación entre las ecuaciones de las componentes de la curva de la potencia

	$e_1 i$		$e_2 i$		$e i_1$		$e i_2$		COMPROBACIONES				Curva de la potencia.	
									$e_1 i + e_2 i$		$e i_1 + e i_2$			
	Amp.	Fase.	Amp.	Fase.	Amp.	Fase.	Amp.	Fase.	Amp.	Fase.	Amp.	Fase.	Amp.	Fase.
2	441,7	231°,0	850,0	128°,1	373,05	93°,2	788,23	182°,8	873,1	157°,6	874,0	157°,6	873,9	157°,6
4	60,9	256°,3	161,9	127°,3	63,68	105°,1	96,56	175°,4	132,4	148°,3	132,5	148°,4	132,3	148°,3
6	15,10	282°,8	38,76	25°,3	26,32	307°,2	32,19	45°,4	38,43	2°,8	33,52	2°,9	38,46	2°,6
8	4,07	350°,1	4,79	167°,8	5,30	254°,8	5,64	83°,1	0,75	155°,4	0,82	157°,8	0,88	155°,2
10	7,76	349°,0	21,61	157°,5	10,03	115°,4	8,42	195°,4	14,08	151°,6	14,17	151°,2	14,13	151°,4
12	17,83	348°,7	31,18	230°,4	21,48	314°,3	20,33	226°,5	30,05	272°,1	30,12	271°,9	30,12	271°,9
14	40,10	63°,5	52,47	189°,3	41,47	143°,2	2,54	113°,4	43,57	141°,0	43,70	141°,5	43,66	141°,2
16	48,06	24°,6	10,91	229°,2	25,22	328°,5	29,41	59°,2	38,45	17°,8	38,49	18°,3	38,38	18°,2
18	5,83	38°,4	3,39	191°,6	0,26	43°,5	2,93	69°,4	3,24	66°,7	3,16	67°,3	3,26	67°,1

No se pretende que la serie de aplicaciones considerada sea completa; es indudable que se ocurrirán algunas más á los lectores, así como modificaciones de los métodos expuestos en casos particulares que puedan presentarse. Espera el autor que su trabajo no sólo servirá para simplificar los cálculos, sino que también puede ser de utilidad en otros problemas especiales.

VII.—Resumen.

1. Las ecuaciones de Fourier para la descomposición de una curva periódica en una serie de curvas sinusoidales resuelven la cuestión de una manera completa, pero tienen el inconveniente de que los cálculos correspondientes exigen la formación de un número muy crecido de productos, razón por la cual se han propuesto otros métodos que, si bien es verdad no son perfectos, son mucho más sencillos que el de Fourier. El de Runge, fundado en la agrupación de términos semejantes, constituye una simplificación muy notable del de aquél. El objeto de esta Memoria es estimular la aplicación del método de Runge empleando una disposición sistemática de los cálculos y utilizando tablas de multiplicación que reducen considerablemente el tiempo necesario para analizar las curvas de las corrientes alternas.

2. Se estudia brevemente la deducción de las ecuaciones de Fourier en el caso de un número finito de armónicas impares en la forma que lo hace Byerly en su obra *Fourier's Series and Spherical Harmonics*, y á continuación se exponen las simplificaciones propuestas por Runge.

3. La disposición de los cálculos se desarrolla con todo detalle en los casos en que las ordenadas son 6, 12 y 18 por semi-periodo, se dan las ecuaciones para hacer las comprobaciones y descubrir así los errores numéricos. Se trata con alguna extensión todo lo que se refiere á la elección del modelo de análisis más conveniente.

4. Se expone el cálculo completo de las amplitudes y fases de las curvas en que se descomponen las determinadas experimentalmente, en cada uno de los tres modelos de análisis. Se presentan varios ejemplos para aclarar lo dicho sobre la elección de modelo y para hacer ver la precisión de los resultados.

5. La última parte de la Memoria se consagra á considerar algunas aplicaciones de carácter práctico, como son el cálculo de los valores medios y eficaces, de la potencia media y de las ecuaciones de las curvas de la potencia con exposición de las reglas que hay que observar en los casos numéricos.

6. Los apéndices los forman las tablas de multiplicar y modelos de análisis para las curvas que tienen armónicas pares.

(Continuará.)

Andanzas congresiles

En mi artículo anterior dejaba al Sr. Bernad recién llegado á Zaragoza. Ya le tenemos en la capital aragonesa y, ya en ella, el Sr. Bernad no se reserva nada: todo lo cuenta, todo lo aclara. No sé si sus dignísimos compañeros habrán quedado contentos; yo, por mi parte, casi nada tengo que rectificarle en su relación de hechos, muchos de los cuales son para mí verdaderas revelaciones; pues, á decir verdad, me hallaba bien ajeno á ese mar de fondo que casi hacía peligrar mi vida y al pucherazo que, á falta de mejores razones, me preparaba, según propia confesión, el Sr. Bernad.

Con toda prolijidad nos describe aquellos conciliábulos; no oculta ni las interjecciones con que se sazonaban los discursos; declara que se idearon toda clase de medios para combatir una conclusión mía que alguien consideraba injuriosa y hasta justificable. En todo se pensó menos en el atentado personal.... y menos en discutir serenamente: había para ello demasiada excitación.

Madurado el caso, se repartieron los papeles. El encargado de sostener la tesis contraria hizo casi cuestión de honor el no leer mi trabajo: ¿para qué? Era mejor, mucho mejor, desentenderse de él y limitarse á contar los cuentos de las *Mil y una noches*, para que quedaran en el libro del Congreso y allá los lectores que cargaran con ellos: si por lo menos se conservaba en su ánimo la duda, eso se iba ganando. El Sr. Bernad, en tanto, sin perjuicio de intervenir con alguna chirigota semiofensiva, recabó para sí las funciones de electorero, que no le envidio y en las que, desde luego, le reconozco la supremacía, sin empacho.

Tras estos preparativos vino la entrevista conmigo. Yo que no soy repostero, ni cacique, ni pucherólogo, y que no creo que con discutir honradamente las opiniones de cada uno, aportando datos objetivos, en los que las personas quedan siempre á salvo, puedan darse espectáculos que no sean edificantes (porque entiendo que nada puede producir mayor edificación que tomar las cosas en serio y tratar de inquirir la verdad, vi, desde luego, que esa discusión razonada y desinteresada con que yo soñaba no era más que un sueño y que el estado de ánimo de mis adversarios no era el más á propósito para ella. Digo mal, porque también yo quiero ser todo lo explícito posible y no quiero que en franqueza gane el aragonés al jerezano; eso no lo vi entonces tan claro: no pasé de la sospecha, y hasta me remordía un poco el mal pensamiento; el que me lo hace ver con toda claridad es el señor Bernad en su artículo. Pero la sospecha me bastó para decidir—