
Casos de Estudio para el Análisis de Sistemas Eléctricos de Potencia.

Actividad III.

Por

MARIO SÁNCHEZ GUTIÉRREZ



 INGENIERÍA
FACULTAD

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
FACULTAD DE INGENIERÍA

&

Investigación y Estudios de Posgrado
FACULTAD DE INGENIERÍA BUAP

El presente compendio de ejercicios es realizado para la
materia de Análisis de Sistemas Eléctricos de Potencia,
impartida por el Doctor Ismael Albino Padilla. Esto
como parte de la Maestría en Ingeniería con opción
terminal en Sistemas Eléctricos de Potencia.

MAYO 2024

Índice.

<i>Introducción.....</i>	<i>2</i>
<i>Modelado del Sistema.....</i>	<i>3</i>
<i>Solución del Sistema.....</i>	<i>9</i>
<i>Dirección de Flujos de Potencia en Diagrama Unifilar.....</i>	<i>12</i>

Introducción.

Como parte de nuestra especialización a través de esta Maestría en Ingeniería con Opción Terminal en Sistemas Eléctricos de Potencia debemos de aprender cómo es que estos sistemas son modelados matemáticamente, para el correcto cálculo y predicción del comportamiento de estos, por su complejidad, extensión y grandes cantidades de factores a considerar, se ha desarrollado a través de métodos numéricos como Gauss-Seidel y Newton-Raphson, la resolución de estos grandes centros de carga tomando como base la Ley de Corrientes de Kirchhoff.

Uno de los procedimientos computacionales más comunes utilizados en el análisis de sistemas eléctricos es el cálculo del flujo de carga. La planificación, el diseño y la operación de sistemas de energía requieren dichos cálculos para analizar el desempeño en estado estacionario del sistema de energía bajo diversas condiciones de operación y para estudiar los efectos de los cambios en la configuración del equipo. Estas soluciones de flujo de carga se realizan mediante programas informáticos diseñados específicamente para este fin.

La pregunta básica sobre el flujo de carga es la siguiente: dado el consumo de energía de carga en todos los buses de una configuración de sistema de energía eléctrica conocida y la producción de energía en cada generador, tratamos de encontrar el flujo de energía en cada línea y transformador de la red de interconexión y la magnitud y fase del voltaje y ángulo en cada bus.

En la actualidad, con el poder de cálculo de los microprocesadores y los lenguajes de programación en entornos de desarrollo, como lo es MATLAB, nos han permitido llegar a los resultados de manera prácticamente de forma inmediata.

Concretamente MATPOWER, un software de tipo open source, desarrollado por un conjunto de universidades en Estados Unidos, nos permite realizar el modelado de estos sistemas con alta precisión y considerando todos los métodos y estudio que estos involucran, siendo muy conveniente para uso tanto educativo, como el presente trabajo, o como una herramienta industrial.

Modelado del Sistema.

Un cálculo de flujo de carga determina el estado del sistema de energía para una carga y distribución de generación determinadas. Representa una condición de estado estacionario como si esa condición se hubiera mantenido fija durante algún tiempo. En realidad, los flujos de línea y los voltajes de las barras fluctúan constantemente en pequeñas cantidades porque las cargas cambian constantemente a medida que las luces, los motores y otras cargas se encienden y apagan. Sin embargo, estas pequeñas fluctuaciones pueden ignorarse al calcular los efectos del estado estacionario en los equipos del sistema.

Como la distribución de carga, y posiblemente la red, variará considerablemente durante diferentes períodos de tiempo, puede ser necesario obtener soluciones de flujo de carga que representen diferentes condiciones del sistema, como carga máxima, carga promedio o carga ligera. Estas soluciones se utilizarán para determinar los modos de funcionamiento óptimos para condiciones normales, como la configuración adecuada de los dispositivos de control de voltaje, o cómo responderá el sistema a condiciones anormales, como cortes de líneas o transformadores. Los flujos de carga forman la base para determinar cuándo se necesitan nuevas adiciones de equipos y la efectividad de nuevas alternativas para resolver las deficiencias actuales y cumplir con los requisitos futuros del sistema.

Los sistemas eléctricos de plantas industriales y de servicios públicos pueden ser extensos. Un medio visual simplificado para representar el sistema completo es esencial para comprender el funcionamiento del sistema en sus diversos modos de funcionamiento posibles. El diagrama unifilar del sistema sirve para este propósito. El diagrama unifilar consta de un dibujo que identifica los autobuses y las líneas de interconexión. Las cargas, generadores, transformadores, reactores, condensadores, etc. se muestran en sus respectivos lugares en el sistema. Es necesario mostrar los parámetros del equipo, así como su relación entre sí. La Figura 6-1 es un diagrama unifilar del sistema de planta industrial de muestra que se utilizará más adelante para ilustrar algunos aspectos de los estudios de flujo de carga. Muestra la condición de operación a estudiar en términos de qué interruptores están abiertos o cerrados.



El análisis de flujo de carga se utiliza para diseñar un sistema que tenga un buen perfil de voltaje y cargas de línea aceptables durante la operación normal y que continuará operando de manera aceptable cuando una o más líneas dejen de funcionar debido a daños en la línea, rayos, fallas de transformadores, etc. Realizar una serie de casos de flujo de carga y analizar los resultados proporciona inteligencia operativa en poco tiempo, cuya obtención podría requerir años de experiencia operativa real.

Además de los beneficios descritos anteriormente, un estudio de los flujos de potencia reactiva en las ramas puede conducir a una reducción de las pérdidas en la línea y una mejor distribución de voltaje. La reducción de la demanda de kVA debido a la corrección del factor de potencia puede generar facturas de servicios públicos más bajas para una planta industrial. El tamaño y la ubicación de los capacitores de corrección del factor de potencia y la configuración de los voltajes programados del generador y las posiciones de las tomas del transformador se pueden estudiar con flujos de carga.

El conocimiento de los flujos derivados proporciona al ingeniero de protección los requisitos para la configuración adecuada del relé. Los estudios de flujo de carga también pueden proporcionar datos para el control automático de carga y demanda, si es necesario.

Para ilustrar el uso de un programa de flujo de carga, se estudiará una planta industrial típica. El diagrama unifilar del sistema eléctrico de la planta se mostró anteriormente en la Figura 6-1.

El primer paso para realizar un estudio de flujo de carga es la preparación del archivo de datos de entrada como se explica en 6.3. Estos datos se ingresarán en el programa de flujo de carga y la red se resolverá. Los datos de entrada para el sistema de muestra se muestran en la Figura 6-5. Los datos se dan en términos de parámetros físicos del equipo y por unidad.

Para los sistemas existentes, la configuración, carga y generación de la red a menudo se eligen para que coincidan con una condición operativa conocida, de modo que los resultados se puedan comparar con valores conocidos por la experiencia operativa para ayudar a validar el modelo. El caso base que representa el sistema es el siguiente:

Tabla 1. Datos de Entrada de Barras.

IEEE
Std 399-1997

CHAPTER 6

Bus Data (Total Bus Load Shown - All Loads Modeled as Constant MVA Load)				
Bus Number	Load MW	Load MVAR	Bus Name	Base KV
1	0	0	69-1	69
2	0	0	69-2	69
3	0	0	MILL-1	13.8
4	0	0	MILL-2	13.8
5	0	0	FDR F	13.8
6	0	0	FDR H	13.8
7	0	0	FDR71/72	13.8
8	6.361	0.000	FDR L	13.8
9	0	0	FDR E	0.48
10	0	0	EMERG	13.8
11	0.353	0.200	T4 SEC	2.4
12	0	0	T5 PRI	13.8
13	0	0	T6 PRI	13.8
15	0	0	FDR I	13.8
16	0	0	T9 PRI	13.8
17	0.831	0.521	T5 SEC	0.48
18	0.831	0.521	T6 SEC	0.48
19	2.650	1.502	T7 SEC	2.4
20	2.650	1.502	T8 SEC	2.4
21	0.421	0.283	T9 SEC	0.48
22	0.084	0.057	T5MCC	0.48
23	0.084	0.057	T6MCC	0.48
24	0	0	FDR M	0.48
25	0	0	T10 PRI	13.8
26	0	0	FDR G	13.8
27	0	0	T12 PRI	13.8
28	0.578	0.351	T10 SEC	0.48
29	0.703	0.426	T11 SEC	0.48
30	0.563	0.349	T12 SEC	0.48
31	0	0	FDR P	13.8
32	0	0	FDR Q	13.8
33	0.168	0.113	T10MCC	0.48
34	0.062	0.042	T11MCC	0.48
35	0.168	0.113	T12MCC	0.48
36	1.767	1.001	T13 SEC	2.4
37	0.663	0.394	T14 SEC	0.48
38	0	0	480 TIE	0.48
39	1.237	0.701	T3 SEC	4.16
41	0.150	0.049	LGTS	0.48
49	0.963	0.520	RECT	0.48
50	0	0	GEN1	13.8
51	0.478	0.307	AUX	0.48
100	0	0	UTIL-69	69

Figure 6-5—Input data for sample system

Tabla 2. Características Técnicas de los Generadores y Características Técnicas de las Líneas.

LOAD FLOW STUDIES

IEEE
Std 399-1997

Generator Data					
Bus Number	Unit ID	Real Power (MW)	Reactive Power Upper Limit (MVAR)	Reactive Power Lower Limit (MVAR)	Scheduled Voltage (pu)
100	1	2.0	99.0	-99.0	1.0
4	1	8.0	8.0	-2.0	1.0
50	1	11.0	8.0	-2.0	1.0

CABLE DATA												
From Bus	To Bus	Circuit	Resistance	Per Unit Data		Cables/Phase and Size	Material	Length (ft)	Length (m)	Rating (MVA)	Rating (Amps)	
				Reactance	Susceptance							
3	9	1	0.00150	0.00125	0.0	1-3/C-250kcmil CU	PVC	650	198.1	13.8	7.529	315
9	25	1	0.00424	0.00353	0.0	1-3/C-250kcmil CU	PVC	1833	558.7	13.8	7.529	315
9	13	1	0.00017	0.00014	0.0	1-3/C-250kcmil CU	PVC	75	22.9	13.8	7.529	315
9	12	1	0.00038	0.00032	0.0	1-3/C-250kcmil CU	PVC	165	50.3	13.8	7.529	315
3	5	1	0.00075	0.00063	0.0	1-3/C-250kcmil CU	PVC	325	99.1	13.8	7.529	315
3	26	1	0.00157	0.00131	0.0	1-3/C-250kcmil CU	PVC	680	207.3	13.8	7.529	315
3	6	1	0.00109	0.00091	0.0	1-3/C-250kcmil CU	PVC	471	143.6	13.8	7.529	315
4	15	1	0.00227	0.00189	0.0	1-3/C-250kcmil CU	PVC	980	298.7	13.8	7.529	315
4	7	1	0.00000	0.00010	0.0	breaker				13.8	7.529	315
7	27	1	0.00143	0.00119	0.0	1-3/C-250kcmil CU	PVC	619	188.7	13.8	7.529	315
7	16	1	0.00275	0.00229	0.0	1-3/C-250kcmil CU	PVC	1187	361.8	13.8	7.529	315
10	13	1	0.00046	0.00039	0.0	1-3/C-250kcmil CU	PVC	200	61.0	13.8	7.529	315
10	12	1	0.00002	0.00002	0.0	1-3/C-250kcmil CU	Steel	10	3.0	13.8	7.529	315
10	27	1	0.00110	0.00091	0.0	1-3/C-250kcmil CU	PVC	475	144.8	13.8	7.529	315
4	8	1	0.00076	0.00092	0.0	1-3/C-400kcmil CU	PVC	510	155.4	13.8	9.919	415
4	24	1	0.00118	0.00098	0.0	1-3/C-250kcmil CU	PVC	510	155.4	13.8	7.529	315
24	31	1	0.00079	0.00065	0.0	1-3/C-250kcmil CU	PVC	340	103.6	13.8	7.529	315
24	32	1	0.00112	0.00093	0.0	1-3/C-250kcmil CU	PVC	485	147.8	13.8	7.529	315
28	38	1	0.03039	0.02929	0.0	2-3/C-400kcmil CU	PVC	50	15.2	0.48	0.445	535
33	28	1	0.03813	0.02450	0.0	1-3/C-250kcmil CU	PVC	20	6.1	0.48	0.212	255
29	38	1	0.04012	0.03866	0.0	2-3/C-400kcmil CU	PVC	66	20.1	0.48	0.445	535
34	29	1	0.03813	0.02450	0.0	1-3/C-250kcmil CU	PVC	20	6.1	0.48	0.212	255
38	30	1	0.06079	0.05858	0.0	1-3/C-400kcmil CU	PVC	50	15.2	0.48	0.278	335
35	30	1	0.03813	0.02450	0.0	1-3/C-250kcmil CU	PVC	20	6.1	0.48	0.212	255
22	17	1	0.03813	0.02450	0.0	1-3/C-250kcmil CU	PVC	20	6.1	0.48	0.212	255
23	18	1	0.03813	0.02450	0.0	1-3/C-250kcmil CU	PVC	20	6.1	0.48	0.212	255
50	3	1	0.00122	0.00243	0.0	2-1/C-500kcmil CU	PVC	2000	609.6	13.8	18.350	768

Figure 6-5—Input data for sample system (Continued)

Tabla 3. . Características Técnicas de los Transformadores y Características Técnicas de las Líneas.

IEEE
Std 399-1997

CHAPTER 6

Transformer Data											
From Bus	To Bus	Circuit	Per Unit Data(10 MVA Base)			Transformer Identifier	Transformer KVA	%Z	X/R	kV Ratio	Tap (kV)
			Resistance	Reactance	Susceptance						
1	3	1	0.00313	0.05324	0.0	T-1	15000	8.00	17.00	69/13.8	69
2	4	1	0.00313	0.05324	0.0	T-2	15000	8.00	17.00	69/13.8	69
5	39	1	0.04314	0.34514	0.0	T-3	1725	6.00	8.00	13.8/4.16	13.8
6	11	1	0.05575	0.36240	0.0	T-4	1500	5.50	6.50	13.8/2.4	13.8
12	17	1	0.06843	0.44477	0.0	T-5	1500	6.75	6.50	13.8/0.48	13.8
13	18	1	0.05829	0.37888	0.0	T-6	1500	5.75	6.50	13.8/0.48	13.8
6	19	1	0.01218	0.14616	0.0	T-7	3750	5.50	12.00	13.8/2.4	13.8
15	20	1	0.01218	0.14616	0.0	T-8	3750	5.50	12.00	13.8/2.4	13.8
16	21	1	0.15036	0.75178	0.0	T-9	750	5.75	5.00	13.8/0.48	13.8
25	28	1	0.05829	0.37888	0.0	T-10	1500	5.75	6.50	13.8/0.48	13.8
26	29	1	0.05829	0.37888	0.0	T-11	1500	5.75	6.50	13.8/0.48	13.8
27	30	1	0.05829	0.37888	0.0	T-12	1500	5.75	6.50	13.8/0.48	13.8
31	36	1	0.02289	0.22886	0.0	T-13	2500	5.75	10.00	13.8/2.4	13.8
32	37	1	0.10286	0.56573	0.0	T-14	1000	5.75	5.50	13.8/0.48	13.8
5	49	1	0.05918	0.35510	0.0	T-17	1250	4.50	6.00	13.8/0.48	13.8
50	51	1	0.06391	0.37797	0.0	T-18	1500	5.75	5.91	13.8/0.48	13.8

Transmission Line Data											
From Bus	To Bus	Circuit	Per Unit Data(10 MVA Base)			Conductors/Phase and Size		Length (ft)	Length (m)	kV	Rating (MVA)
			Resistance	Reactance	Susceptance						
100	1	1	0.00139	0.00296	0.00480	1-266.8 kcmil		10000	3048	69	55
100	2	2	0.00139	0.00296	0.00480	1-266.8 kcmil		10000	3048	69	55

Busway Data											
From Bus	To Bus	Circuit	Per Unit Data (10 MVA Base)			Material		Length (ft)	Length (m)	R (W/100ft)	X (W/100ft)
			Resistance	Reactance	Susceptance						
28	41	1	0.03429	0.02094	0.0	Cu		50	15.2	0.00158	0.000965
											1000
											0.48

Figure 6-5—Input data for sample system (Continued)

Solución del Sistema.

La mayoría de los programas de flujo de carga tendrán la capacidad de tomar un caso base de flujo de carga resuelto y almacenar todos los datos necesarios, incluida la solución, en un archivo en el disco de la computadora. Esto permitirá una fácil recuperación del caso base para incorporar cambios futuros o realizar estudios de condiciones de interrupción.

En la Ilustración 2, se muestra en forma de tabla una página del resultado del flujo de carga resuelto para el caso base de muestra. Para cada barra, se dan la magnitud y el ángulo del voltaje de la barra. La magnitud del voltaje se puede dar por unidad o kV (en este caso, se enumeran ambos). Se enumera cada línea que va de ese bus a otro bus, lo que proporciona el flujo de MW y MVAR (o kW y kVAR) en la línea que sale del autobús "de origen". Un flujo negativo significa que el flujo ingresa al bus "desde". Para los transformadores, el grifo también figura en la lista. Si hay una discrepancia significativa en el autobús, también se incluirá en la lista. Diferentes programas utilizarán formatos algo diferentes; pero presentarán básicamente la misma información.

Un método más conciso y generalmente más informativo de presentar los resultados del flujo de carga es mostrarlos gráficamente en el diagrama unifilar del sistema. Los flujos del sistema se pueden analizar rápidamente a partir de esta presentación visual que relaciona la configuración del sistema, las condiciones operativas y los parámetros del equipo.

System Summary				
How many?		How much?	P (MW)	Q (MVar)
Buses	43	Total Gen Capacity	1500.0	-300.0 to 750.0
Generators	3	On-line Capacity	1500.0	-300.0 to 750.0
Committed Gens	3	Generation (actual)	21.9	10.0
Loads	21	Load	21.8	9.0
Fixed	21	Fixed	21.8	9.0
Dispatchable	0	Dispatchable	-0.0 of -0.0	-0.0
Shunts	0	Shunt (inj)	-0.0	0.0
Branches	42	Losses ($I^2 * Z$)	0.14	1.05
Transformers	0	Branch Charging (inj)	-	0.1
Inter-ties	0	Total Inter-tie Flow	0.0	0.0
Areas	1			
		Minimum	Maximum	
Voltage Magnitude		0.963 p.u. @ bus 22	1.000 p.u. @ bus 1	
Voltage Angle		-4.06 deg @ bus 36	0.99 deg @ bus 50	
P Losses ($I^2 * R$)		-	0.02 MW @ line 50-3	
Q Losses ($I^2 * X$)		-	0.17 MVar @ line 2-4	

Ilustración 2. Resumen del Sistema.

Bus Data						
Bus #	Voltage		Generation		Load	
	Mag(pu)	Ang(deg)	P (MW)	Q (MVar)	P (MW)	Q (MVar)
1	1.000	0.050	-	-	-	-
2	0.999	-0.098	-	-	-	-
3	0.998	0.878	-	-	-	-
4	1.000	-1.805	8.00	5.14	-	-
5	0.997	0.876	-	-	-	-
6	0.997	0.874	-	-	-	-
7	1.000	-1.806	-	-	-	-
8	1.000	-1.838	-	-	6.36	0.00
9	0.997	0.875	-	-	-	-
10	0.999	-1.809	-	-	-	-
11	0.988	0.194	-	-	0.35	0.20
12	0.997	0.875	-	-	-	-
13	0.999	-1.809	-	-	-	-
15	0.999	-1.812	-	-	-	-
16	1.000	-1.807	-	-	-	-
17	0.963	-1.317	-	-	0.83	0.52
18	0.971	-3.658	-	-	0.83	0.52
19	0.971	-1.312	-	-	2.65	1.50
20	0.972	-3.989	-	-	2.65	1.50
21	0.971	-3.424	-	-	0.42	0.28
22	0.963	-1.317	-	-	0.08	0.06
23	0.970	-3.657	-	-	0.08	0.06
24	1.000	-1.808	-	-	-	-
25	0.997	0.870	-	-	-	-
26	0.997	0.877	-	-	-	-
27	1.000	-1.808	-	-	-	-
28	0.971	-0.964	-	-	0.58	0.35
29	0.974	-0.672	-	-	0.70	0.43
30	0.977	-3.275	-	-	0.56	0.35
31	0.999	-1.810	-	-	-	-
32	0.999	-1.809	-	-	-	-
33	0.970	-0.963	-	-	0.17	0.11
34	0.974	-0.671	-	-	0.06	0.04
35	0.976	-3.274	-	-	0.17	0.11
36	0.971	-4.063	-	-	1.77	1.00
37	0.969	-3.789	-	-	0.66	0.39
38	0.974	-0.672	-	-	-	-
39	0.966	-1.484	-	-	1.24	0.70
41	0.970	-0.973	-	-	0.15	0.05
49	0.972	-0.964	-	-	0.96	0.52
50	1.000	0.995	11.00	4.63	-	-
51	0.985	0.058	-	-	0.48	0.31
100	1.000	0.000*	2.91	0.20	-	-
Total:			21.91	9.96	21.77	9.01

Ilustración 3. Información del Sistema en Barras.

Branch Data								
Brnch #	From Bus	To Bus	From Bus P (MW)	Injection Q (MVar)	To Bus P (MW)	Injection Q (MVar)	Loss (I ² * Z) P (MW)	Q (MVar)
1	3	9	1.83	1.19	-1.83	-1.19	0.001	0.00
2	9	25	0.90	0.56	-0.90	-0.56	0.000	0.00
3	9	12	0.92	0.63	-0.92	-0.63	0.000	0.00
4	3	5	2.22	1.34	-2.22	-1.34	0.001	0.00
5	3	26	0.77	0.50	-0.77	-0.50	0.000	0.00
6	3	6	3.02	1.85	-3.02	-1.85	0.001	0.00
7	4	15	2.66	1.65	-2.66	-1.65	0.002	0.00
8	4	7	2.08	1.42	-2.08	-1.42	-0.000	0.00
9	7	27	1.66	1.12	-1.66	-1.12	0.001	0.00
10	7	16	0.43	0.30	-0.43	-0.30	0.000	0.00
11	10	13	0.92	0.63	-0.92	-0.63	0.000	0.00
12	10	27	-0.92	-0.63	0.92	0.63	0.000	0.00
13	4	8	6.36	0.00	-6.36	-0.00	0.003	0.00
14	4	24	2.45	1.53	-2.45	-1.53	0.001	0.00
15	24	31	1.78	1.10	-1.78	-1.10	0.000	0.00
16	24	32	0.67	0.43	-0.67	-0.43	0.000	0.00
17	33	28	-0.17	-0.11	0.17	0.11	0.000	0.00
18	29	38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00
19	34	29	-0.06	-0.04	0.06	0.04	0.000	0.00
20	35	30	-0.17	-0.11	0.17	0.11	0.000	0.00
21	22	17	-0.08	-0.06	0.08	0.06	0.000	0.00
22	23	18	-0.08	-0.06	0.08	0.06	0.000	0.00
23	50	3	10.52	4.31	-10.50	-4.28	0.016	0.03
24	1	3	-2.67	0.65	2.67	-0.61	0.002	0.04
25	2	4	5.57	-0.37	-5.56	0.53	0.010	0.17
26	5	39	1.25	0.78	-1.24	-0.70	0.009	0.07
27	6	11	0.35	0.21	-0.35	-0.20	0.001	0.01
28	12	17	0.92	0.63	-0.92	-0.58	0.009	0.06
29	13	18	0.92	0.63	-0.92	-0.58	0.007	0.05
30	6	19	2.66	1.65	-2.65	-1.50	0.012	0.14
31	15	20	2.66	1.65	-2.65	-1.50	0.012	0.14
32	16	21	0.43	0.30	-0.42	-0.28	0.004	0.02
33	25	28	0.90	0.56	-0.90	-0.51	0.007	0.04
34	26	29	0.77	0.50	-0.77	-0.47	0.005	0.03
35	27	30	0.74	0.49	-0.73	-0.46	0.005	0.03
36	31	36	1.78	1.10	-1.77	-1.00	0.010	0.10
37	32	37	0.67	0.43	-0.66	-0.39	0.007	0.04
38	5	49	0.97	0.57	-0.96	-0.52	0.008	0.05
39	50	51	0.48	0.32	-0.48	-0.31	0.002	0.01
40	100	1	-2.67	0.60	2.67	-0.65	0.001	0.00
41	100	2	5.57	-0.41	-5.57	0.37	0.004	0.01
42	28	41	0.15	0.05	-0.15	-0.05	0.000	0.00
Total:							0.141	1.05

Ilustración 4. Información del Sistema en Líneas.

Dirección de Flujos de Potencia en Diagrama Unifilar.

La Figura 6-7 muestra los resultados del flujo de carga del caso base en forma gráfica. Esta figura muestra los voltajes en todos los buses y los flujos en todas las líneas. Además de estos datos de salida, la configuración del sistema se muestra claramente: qué buses son alimentados por cada alimentador, cargas que se modelan, salida del generador, relaciones de toma del transformador y valores de los capacitores en derivación.

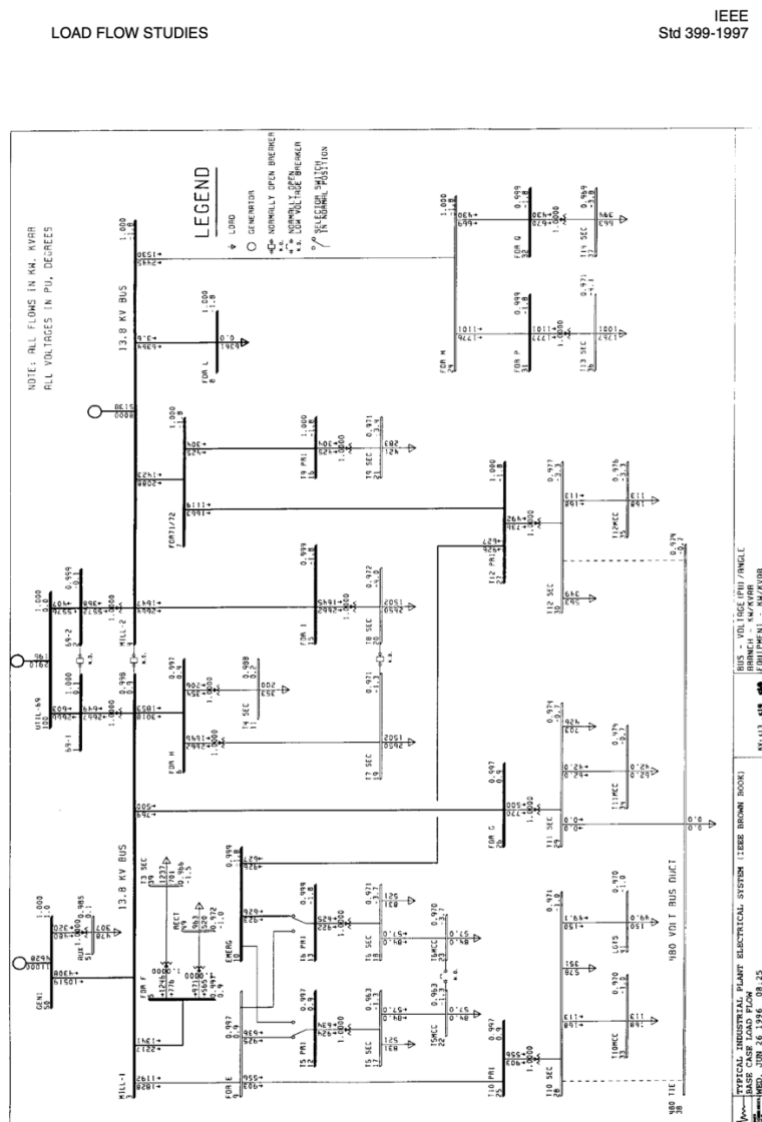


Figure 6-7—Example system base case load flow output