

ÍNDICE

<u>CAPÍTULO - 1:</u>	1
ESTADO DEL ARTE	3
1.1. INTRODUCCIÓN	
1.2. EFECTOS Y CAUSAS DE LAS INEFICIENCIAS EN LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS	6
1.3. TEORÍAS DE LAS POTENCIAS ELÉCTRICAS	11
1.3.1. Teorías conservacionistas. Teoría de Steinmetz	15
1.3.2. Teoría de Buchholz	21
1.3.3. IEEE Std 1459/2010	22
1.3.4. Teoría de la potencia reactiva instantánea	27
1.3.5. Teoría unificada de las potencias, UPM (Unified Power Measurement)	32
1.4. CONCLUSIONES	39

CAPÍTULO - 2:

FORMULACIÓN DE LA POTENCIA DE DESEQUILIBRIO PARA REDES ELÉCTRICAS DESEQUILIBRADAS SINUSOIDALES ALIMENTADAS CON TENSIONES EQUILIBRADAS	41
2.1. INTRODUCCIÓN	43
2.2. ANTECEDENTES	44
2.3. MÓDULO DE LA POTENCIA DE DESEQUILIBRIO, D_{ui}	46
2.4. FORMULACIÓN DE LA POTENCIA DE DESEQUILIBRIO MEDIANTE LA POTENCIA INSTANTÁNEA, $p(t)$	47
2.4.1. Cargas lineales alimentadas por un sistema de tensiones sinusoidales equilibradas	51
2.5. CÁLCULO DE LOS PARÁMETROS DE DESEQUILIBRIO “A, B, C, D” EN SISTEMAS A 3 HILOS EN TRIÁNGULO. APLICACIÓN A UNA CARGA INDIVIDUAL	54
2.5.1. Circuito equivalente de una carga conectada en triángulo	58

2.5.2. Cálculo de los parámetros “A, B, C y D” en un sistema a 3 hilos en triángulo aplicado a una carga individual	60
2.5.3. Formulación del Fasor de potencia de desequilibrio debido a las intensidades, \bar{D}_{ui}	82
2.6. APLICACIÓN A VARIAS CARGAS DE LOS PARÁMETROS DE DESEQUILIBRIO “A, B, C, D” EN UN SISTEMA A 3 HILOS EN TRIÁNGULO	87
2.7. CONCLUSIONES	92

CAPÍTULO - 3:

FORMULACIÓN DE LA POTENCIA DE DESEQUILIBRIO PARA REDES ELÉCTRICAS DESEQUILIBRADAS SINUSOIDALES ALIMENTADAS CON TENSIONES DESEQUILIBRADAS	95
3.1. INTRODUCCIÓN	97
3.2. ANTECEDENTES	98
3.3. POTENCIAS DE DESEQUILIBRIO, EN MÓDULO Y FASOR	99
3.3.1. Potencia de desequilibrio debida a las intensidades: D_{ui} ; \bar{D}_{ui}	101
3.3.2. Potencia de desequilibrio debida a las tensiones: D_{uv} ; \bar{D}_{uv}	103
3.3.3. Potencia total de desequilibrio: D_u ; \bar{D}_u	105
3.4. ESTUDIO PARA UNA CARGA EN TRIÁNGULO	107
3.4.1. Circuito equivalente de una carga conectada en triángulo	107
3.4.2. Estudio para una carga en triángulo sin línea de alimentación	110
3.4.3. Estudio para una carga en triángulo con línea de alimentación	110
3.5. ESTUDIO PARA VARIAS CARGAS EN TRIÁNGULO	113
3.5.1. Estudio para varias cargas desequilibradas conectadas en paralelo sin considerar las pérdidas de la red de alimentación	113
3.5.2. Estudio para varias cargas desequilibradas conectadas en paralelo considerando la red de alimentación. Caso general	116
3.6. CÁLCULO DEL DESEQUILIBRIO EN UN SISTEMA A 3 HILOS CONECTADO EN ESTRELLA	123
3.6.1. Circuito equivalente de una carga conectada en estrella	123

3.6.2. Estudio de una carga en estrella sin línea de alimentación. Potencia de desequilibrio debida a las intensidades, \bar{D}_{ui}	126
3.7. CONCLUSIONES	131

CAPÍTULO - 4:

SUPUESTOS PRÁCTICOS	133
4.1. INTRODUCCIÓN	133
4.2. CARGAS INDIVIDUALES A TRES HILOS ALIMENTADAS CON TENSIONES EQUILIBRADAS	145
4.2.1. Cargas conectadas en triángulo	145
Supuesto nº 1.1: Red trifásica a tres hilos con tensiones equilibradas y cargas activas y reactivas (PQ) equilibradas conectadas en triángulo	145
Supuesto nº 1.2: Red trifásica a tres hilos con tensiones equilibradas y cargas activas (P) desequilibradas conectadas en triángulo	149
Supuesto nº 1.3: Red trifásica a tres hilos con tensiones equilibradas y cargas reactivas (Q) desequilibradas conectadas en triángulo	154
Supuesto nº 1.4: Red trifásica a tres hilos con tensiones equilibradas y cargas activas y reactivas (PQ) desequilibradas conectadas en triángulo	159
4.2.2. Cargas conectadas en estrella	165
Supuesto nº 1.5: Red trifásica a tres hilos con tensiones equilibradas y cargas activas y reactivas (PQ) desequilibradas conectadas en estrella	165
4.3. CARGAS INDIVIDUALES A TRES HILOS ALIMENTADAS CON TENSIONES DESEQUILIBRADAS	170
4.3.1. Cargas conectadas en triángulo	170
Supuesto nº 2.1: Red trifásica a tres hilos con tensiones equilibradas y cargas activas y reactivas (PQ) equilibradas conectadas en triángulo	170

Supuesto nº 2.2: Red trifásica a tres hilos con tensiones equilibradas y cargas activas (P) desequilibradas conectadas en triángulo	176
Supuesto nº 2.3: Red trifásica a tres hilos con tensiones equilibradas y cargas reactivas (Q) desequilibradas conectadas en triángulo	182
Supuesto nº 2.4: Red trifásica a tres hilos con tensiones equilibradas y cargas activas y reactivas (PQ) desequilibradas conectadas en triángulo	188
4.3.2. Cargas conectadas en estrella	194
Supuesto nº 2.5: Red trifásica a tres hilos con tensiones equilibradas y cargas activas y reactivas (PQ) desequilibradas conectadas en estrella	194
4.4. CARGAS EN PARALELO A TRES HILOS ALIMENTADAS CON TENSIONES DESEQUILIBRADAS	199
Supuesto nº 3.1: Red trifásica a tres hilos sin pérdidas de potencia, con tensiones y cargas activas y reactivas (PQ) desequilibradas conectadas en triángulo (valores nominales de tensión compuesta 0.4 KV)	199
Supuesto nº 3.2: Red trifásica a tres hilos sin pérdidas de potencia, con tensiones y cargas activas y reactivas (PQ) desequilibradas conectadas en triángulo (valores nominales de tensión compuesta 20 KV)	208
Supuesto nº 3.3: Red trifásica a tres hilos con pérdidas de potencia, con tensiones y cargas activas y reactivas (PQ) desequilibradas conectadas en triángulo (valores nominales de tensión compuesta 0.4 KV)	217
Supuesto nº 3.4: Red trifásica a tres hilos con pérdidas de potencia, con tensiones y cargas activas y reactivas (PQ) desequilibradas conectadas en triángulo (valores nominales de tensión compuesta 20 KV)	227

4.5.	RED DE SUMINISTRO TRIFÁSICA DE A TRES HILOS CON CINCO NODOS DE CONSUMO CONSTITUIDOS POR CARGAS ACTIVAS Y REACTIVAS (PQ) DESEQUILIBRADAS CONECTADAS EN TRIÁNGULO (valores nominales de tensión compuesta 20 KV)	237
4.6.	APLICACIÓN PRÁCTICA DEL COMPORTAMIENTO DE UN SISTEMA ELÉCTRICO A 4 HILOS, CONSTITUIDO POR UNA CARGA RESISTIVA EQUILIBRADA CONECTADA EN ESTRELLA, ALIMENTADA CON TENSIONES DESEQUILIBRADAS MEDIANTE UN TRANSFORMADOR TIPO “HIGH LEG TRANSFORMERS (4WD)”	249

CAPÍTULO - 5:

	CONCLUSIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE TRABAJO	255
5.1.	CONCLUSIONES	257
5.2.	FUTURAS LÍNEAS DE TRABAJO	259

CAPÍTULO - 6:

	REFERENCIAS	261
--	-------------------	-----