
Tabla de contenido

1. Introducción.....	1
1.1. Motivación.....	1
1.2. Objetivos	2
1.2.1. Objetivo general	2
1.2.2. Objetivos específicos.....	2
1.2.3. Alcances	3
1.2.4. Estructura del trabajo	3
2. Marco teórico.....	4
2.1. Micro-redes	4
2.1.1. Conceptos básicos	4
2.1.2. Modos de operación	6
2.1.3. Protecciones en micro-redes.....	8
2.2. Micro-red del laboratorio de energías y accionamiento.....	10
2.2.1. Topología de la red.....	10
2.2.2. Descripción de componentes.....	12
2.3. IED del sistema de protección.....	14
2.3.1. F35 Multiple Feeder Protection System.....	14
2.3.2. ABB relays - 650 series.....	19
2.4. Equipos de medida y protección	22
2.4.1. Interruptores FD160 <i>Record Plus</i>	22
2.4.2. Transformador de corriente	23
2.5. Protocolo de comunicación MODBUS	24

3. Metodología.....	26
3.1. Revisión bibliográfica	27
3.2. Reuniones con equipo docente	27
3.3. Revisión de la micro-red	27
3.4. Trabajo en la micro-red	28
3.5. Trabajo en IED's	28
3.6. Evaluación y ensayos	29
3.7. Resultados y conclusiones.....	29
4. Implementación	30
4.1. Hardware	30
4.1.1. Instalación de los IED's	30
4.1.2. Instalación de interruptores	32
4.1.3. Instalación de TTCC	32
4.1.4. Instalación del sistema de disparo	34
4.1.5. Conexiones eléctricas	35
4.1.6. Hardware del sistema de comunicación	42
4.1.7. Recapitulación.....	43
4.2. Software.....	45
4.2.1. Dispositivos ABB.....	45
4.2.2. Dispositivos GE.....	51
5. Resultados.....	55
5.1. Mediciones	55
5.2. <i>Tripping</i> de interruptores y <i>disturbance reports</i>	59
6. Conclusiones.....	63
7. Bibliografía.....	65

Índice de figuras

Figura 2.1. Diagrama de conexión a la red de distintas DGs	6
Figura 2.2. Transferencia de potencia entre la red de distribución y la micro-red.	7
Figura 2.3. Zonas de protección en un SEP.....	8
Figura 2.4. Topología de la micro-red del laboratorio.	10
Figura 2.5. Diagrama unilineal de un módulo de barra de la micro-red.....	11
Figura 2.6. Diagrama de bloques de un UR y su conexión con otros dispositivos.	15
Figura 2.7. Operación cíclica de un equipo de la serie UR.	16
Figura 2.8. Terminales en el tablero posterior del F35.....	17
Figura 2.9. Relés form-A y sus posibles conexiones con monitoreo.	19
Figura 2.10. Terminales en el tablero posterior de relés ABB serie 650.....	20
Figura 2.11. Trama para un mensaje MODBUS RTU.	25
Figura 3.1. Línea de tiempo de tareas del proyecto.....	26
Figura 4.1. Disposición de los equipos en rack bastidor.	31
Figura 4.2. Transformadores de corriente instalados en la micro-red.	33
Figura 4.3. Esquema de conexión para el disparo de un interruptor.	34
Figura 4.4. Conexión de las medidas de tensión por el REC650.	36
Figura 4.5. Conexión de las medidas de corriente por el REC650.....	37
Figura 4.6. Esquema de conexión de medidas de corriente y voltaje por el REL650.....	39
Figura 4.7. Esquema de conexión de las mediciones del F35.	40
Figura 4.8. Conexión del sistema de disparo.....	42

Figura 4.9. Esquema de conexión para la comunicación del sistema de protecciones.....	43
Figura 4.10. Relés de monitoreo y control y su disposición en la micro-red del laboratorio.....	44
Figura 4.11. Estructura del proyecto en Lab Energia en PCM600.....	46
Figura 4.12. Diagrama de bloques para la aplicación del REC650.....	48
Figura 4.13. Medición de señales y herramienta gráfica para sus fasores.....	53
Figura 4.14. Asignación de una variable virtual a un contacto de salida en el F35.	54
Figura 5.1. Valores de variables eléctricas a la entrada del F35, a través de su LHMI.....	57
Figura 5.2. Mediciones de corriente por el F35.....	58
Figura 5.3. Fasores de las señales medidas de corriente y voltaje.....	58
Figura 5.4. <i>Disturbance Handling Tool</i> . Listado de anomalías percibidas por el REC650.	59
Figura 5.5. Curva de señales eléctricas ante operación anómala detectada por el REC650.	60
Figura 5.6. Valores de verdad de función del F35 antes, durante y después de una anomalía.	61
Figura 5.7. Curva de las señales eléctricas ante una operación anómala detectada por el F35.....	62

Índice de tablas

Tabla 2.1. Parámetros de líneas de la micro-red.....	11
Tabla 2.2. Valores base para la micro-red.	11
Tabla 2.3. Condiciones de operación puertos de entrada analógicos de corriente F35.....	17
Tabla 2.4. Condiciones de operación puertos de entrada analógicos de voltaje F35.	17
Tabla 2.5. Características de los módulos 67, 6D y 6P.	18
Tabla 2.6. Designación de los terminales de relés.....	20
Tabla 2.7. Módulos de entrada analógica relés ABB serie 650.....	21
Tabla 2.8. Condiciones de operación puertos de entrada analógicos de corriente ABB.....	22
Tabla 2.9. Condiciones de operación puertos de entrada analógicos de voltaje ABB.	22
Tabla 2.10. Valores nominales interruptor FD160.	23
Tabla 2.11. Valores nominales de transformadores de corriente	24
Tabla 4.1. Designación de colores para el sistema trifásico.....	35
Tabla 4.2. Reasignación de colores para medidas de tensión.....	38
Tabla 4.3. Configuración de los módulos de entrada de las señales de medida.	50
Tabla 4.4. Configuración de la función de sobrecorriente.	51
Tabla 4.5. Configuración de la función de <i>trip</i>	51
Tabla 4.6. Configuración de la función controladora de un <i>breaker</i>	51
Tabla 5.1. Valores de variables eléctricas a la entrada del REC650, a través del LHMI.....	56
Tabla 5.2. Valores de variables eléctricas mediante funciones de medición del REC650.....	57