

B-V. CLASIFICACIÓN DE RELÉS, SEGÚN SU FUNCIÓN.

Relé de protección

Detecta defectos y condiciones anormales y generalmente dispara interruptores, además de dar alarma, etc.

Relé de monitoreo

Verifica condiciones en el sistema de potencia o en el sistema de protección.

No manda abrir interruptores.

Por ej. detector de faltas, unidad de alarma, monitoreo de canales de protección, verificación de sincronismo, coincidencia de fases, supervisión de circuitos de disparo.

Relé de recierre

Establece una secuencia de cierre del interruptor, luego de su disparo por protección.

Al recierre automático también se lo llama reconexión automática.

Relé de regulación

Se activa cuando parámetros operativos se desvían de los límites predeterminados.

Trabaja vinculado al control de equipos.

Relé auxiliar

Opera como consecuencia de las señales de apertura o cierre de un circuito, para suplementar la acción de otro relé o dispositivo.

Por ej. temporizadores, multiplicadores de contactos, relés de sellado (seal-in) y señalización, relés biestables de bloqueo de cierre y enclavamiento de disparo, relés aisladores, relés de disparo, relés de apertura, etc.

Relé de sincronismo

Asegura las condiciones apropiadas para la interconexión de dos secciones de un sistema eléctrico.

Hoy en los relés modernos es más exacto hablar de funciones de protección, etc. en un relé de protección, que referirse a relés de protección como funciones aisladas.

Este curso trata de los relés de protección, así como de relés de recierre y de sincronización pues sus funciones están íntimamente asociadas a las funciones de protección.

Es más, en los relés modernos las funciones de recierre y sincronización están incorporadas dentro de los relés de protección.

Por supuesto que los sistemas de protección cuentan también con otros tipos de relés y funciones: de monitores (relés de supervisión de circuitos de disparo), relés auxiliares (disparo, enclavamiento y bloqueo, etc.)

TERMINOLOGÍA. PROTECCIÓN DE SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA.

El equipo.

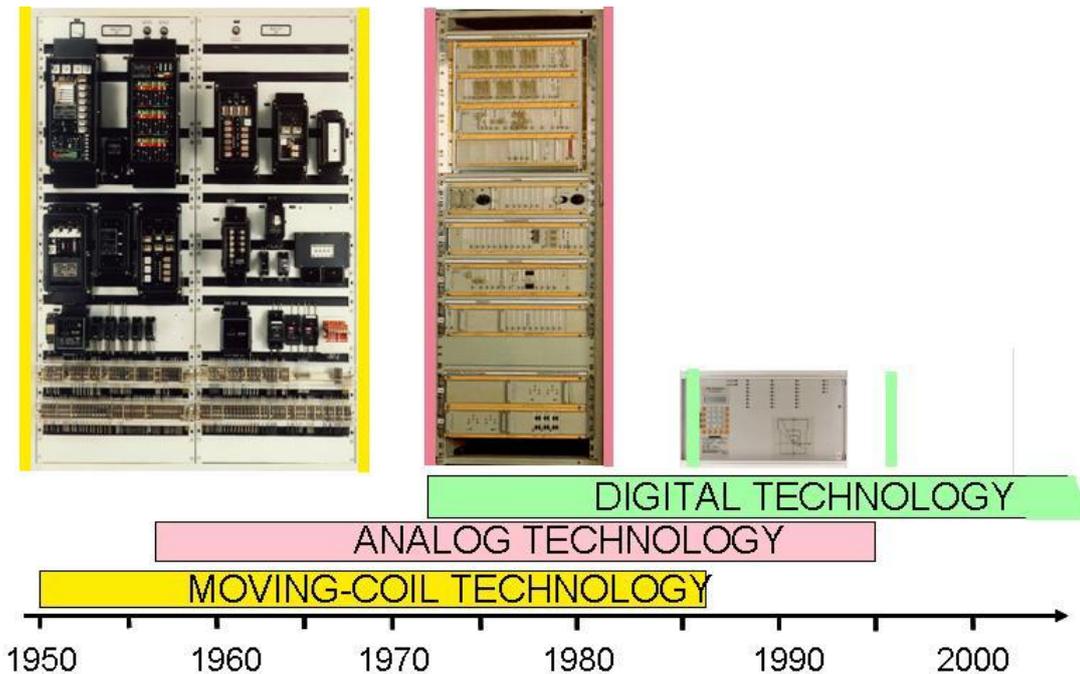
Protección o Relé de Protección (Protection or Protection Relay)

La acción.

Protección (Protection or Protective Relaying)

CLASIFICACIÓN DE RELÉS DE PROTECCIÓN POR SU TECNOLOGÍA.

- Primarios.
 - Electromecánicos
- Secundarios
 - Electromecánicos
 - Electrónicos o estáticos (analógicos y digitales, electrónica discreta e integrada)
 - Digitales microprocesados
 - Numéricos



Relés primarios.

Son relés que miden una sola magnitud a nivel primario.

No hay aislación galvánica entre la entrada y la salida, ya que miden del propio sistema de potencia y operan sobre el mismo en forma mecánica.

El ejemplo típico es el relé de sobrecorriente.

Están en desuso y eran para baja y media tensión, no para alta tensión.

Relés electromecánicos.

Los primeros relés de protección electromecánicos son de principios del siglo XX.

Se basan en que debido a un estímulo eléctrico se producen fuerzas electromecánicas que causan la operación de un contacto del relé.

Dicha fuerza es producida por el flujo de corriente en uno o más bobinados en uno o más núcleos magnéticos.

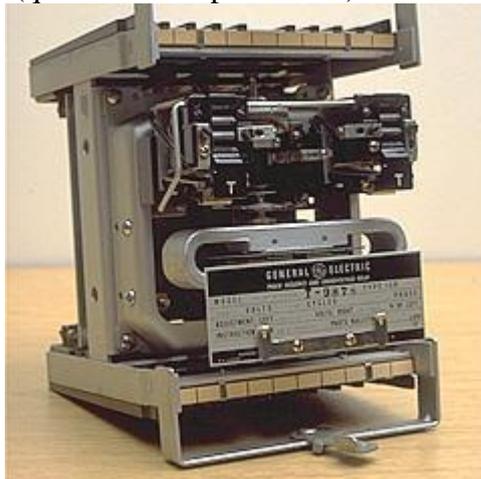
Su principal ventaja respecto a los relés primarios y fusibles es que hay aislación galvánica entre la entrada y la salida.

Hay de distintas variantes según su principio concreto de operación o cómo se aplica el mismo:

- Relés de atracción de armadura
- Relés de disco o copa de inducción.
- Relés de bobina móvil
- Relés térmicos
- Relés operados por motor.
- etc.

Solo los 2 primeros tipos subsisten hoy en día (atracción de armadura y disco de inducción).

En particular el principio electromecánico de atracción de la armadura es el que se utiliza en los relés auxiliares, biestables, etc. (que no son de protección).



Son relés que generalmente cumplen una única función por dispositivo o caja.

Relés electrónicos (estáticos)

Surgen en los comienzos de los '60 con el uso de la electrónica analógica discreta sustituyendo a las bobinas y núcleos magnéticos como herramientas para lograr las características y principios de protección.

Inicialmente se usaban transistores y diodos para realizar comparadores, amplificadores, cuadradores, funciones lógicas, etc.

Posteriormente hay una segunda era de protecciones pero ya con circuitos integrados lineales y digitales (amplificadores operacionales, compuertas, flip-flops, etc.). Surgen también las funciones lógicas más elaboradas.

Pese a llamarse estáticos, por supuesto que tienen partes móviles por ej. sus relés de salida. No hay elementos móviles para obtener los principios de operación.

Básicamente los relés electrónicos mantenían los conceptos de protección de los relés electromecánicos. Se puede ver como una sustitución tecnológica caja a caja de los relés electromecánicos.

Se seguía manteniendo una función por dispositivo o caja, excepto cuando se agrupaban funciones similares (por ej. 3 sobrecorriente de fase y a de neutro en un solo dispositivo, lo que no era común en relés electromecánicos).



El cambio de ajustes era más sencillo y flexible (dip-switches, potenciómetros, etc.)

El consumo sobre los circuitos de medida bajó radicalmente, reduciendo los requerimientos sobre los transformadores de medida.

Aumentaron los problemas con la interferencia electromagnética y el ambiente ruidoso que es una subestación.

Su calibración y reparación dejó de ser una actividad de campo, pasándose a realizar en laboratorio.

Su fuente de alimentación pasó a ser un elemento crítico, que debía ser altamente confiable.

Pero tenían supervisión de la fuente de alimentación y contacto de alarma ante su falla.

Relés digitales.

Con la aparición del microprocesados y la computación, se empezó a aplicar esta tecnología a los relés de protección en los años '80.

Las funciones de protección se implementan en programas y algoritmos programados.

El procesamiento de las señales analógicas (corrientes y tensiones) puede ser al menos de dos maneras:

- Se rectifican y se realiza una conversión analógica digital (A/D). De allí en adelante se utilizan esos valores para los algoritmos de operación (comparadores de amplitud).
- Se cuadran las señales analógicas. Luego circuitos lógicos o el microprocesador se compara las fases de las señales cuadradas y desarrolla los algoritmos de operación (comparadores de fase).



Las capacidades y velocidades de procesamiento y memoria de datos eran reducidas, lo que limitaba las aplicaciones y cantidades de las mismas a incorporar.

No son más rápidos que los relés de tecnologías anteriores, pero ese tiempo extra de procesamiento no aumenta significativamente el tiempo total de operación del sistema de protección. Surgen las funciones de autodiagnóstico (watch-dog) además que la de pérdida de alimentación.

Relés numéricos.

Los relés numéricos son relés microprocesados que mediante el muestreo de las magnitudes eléctricas medidas varias veces por ciclo, la retención de dichos valores instantáneos (sample & hold o S/H) y su posterior conversión analógica digital (A/D), desarrollan sofisticados algoritmos de protección mediante técnicas numéricas (por ej. calcular fasores de las magnitudes medidas y a partir de ellos desarrollar algoritmos de protección).

La alta capacidad y velocidad de procesamiento y memoria que existe en el estado actual de la computación permiten este desarrollo y el muestreo varias veces por ciclo.

Generalmente se usa procesadores especializados en el procesamiento digital de información (DSP o digital signal processor). Las señales se procesan en tiempo real.

Las capacidades de E/S y comunicación también crecen, junto con el desarrollo del software de aplicación para gestión.

Los avances tecnológicos y aumentos de velocidad, y ancho de banda de las comunicaciones, potencian los aumentos en velocidad y capacidad de procesamiento y memoria de las protecciones numéricas.

Se pueden implementar un número muy importante de funciones de protección en un sólo equipo, tanto principales, de respaldo, como auxiliares o de monitoreo. Son sumamente flexibles en el ajuste y configuración, y tienen auto-supervisión.

Cada función es típicamente una rutina o algoritmo computacional.

En la actualidad son protecciones confiables tanto en software como en hardware, siendo tan confiables como relés de otras tecnologías.

Los costos decrecen o al menos los costos se mantienen para un aumento de funcionalidades y prestaciones.



CARACTERÍSTICAS DE LOS RELÉS NUMÉRICOS.

Los relés numéricos de protección modernos tienen las siguientes funciones, capacidades y características:

- Flexibilidad (muchas de las siguientes características hacen a esta flexibilidad)
- Integración.
 - Varias funciones de protección – relés multifunción (detectar y despejar las faltas y condiciones anormales predefinidas),
 - funciones principales y de respaldo (e incluso de monitoreo)
 - amplios rangos de ajuste
 - Puede integrar funciones de control y monitoreo
 - Múltiples grupos de ajustes (seleccionables o conmutables por hardware y software)
 - Lógicas y configuraciones lógicas definidas por el usuario (tanto de protección como de control)
 - Cada magnitud se mide una vez y las utilizan todas las funciones de protección
 - A veces funciones de mando y control (protección y control integrado, protection and automation, sobre todo en MT),
 - No son necesarios TIs auxiliares (las correcciones de amplitud, defasaje y filtrado de armónicos se realizan en el propio relé),
 - Disminución de espacio en los paneles (múltiples funciones, lógicas, etc.)
- Protección adaptativa y lógicas adaptativas
- Señalización y alarmas visuales (propias y salidas a otros equipos por comunicación y/o cableado)
- Interfase humano-máquina (HMI) (display y teclado),
- Comunicación para su gestión (local y a distancia),
- Localización de faltas (protección de líneas y cables),
- Sincronización horaria (GPS, IRIG-B o IEEE 1588),
- Registro oscilográfico de faltas y condiciones anormales. Consiste en el registro de valores instantáneos de tensiones y corrientes de falta y pre-falta (post-trigger y pre-trigger) durante varios ciclos, de manera de poder analizar luego lo ocurrido en el sistema de potencia,
- Registro Cronológico de Eventos (RCE), también llamado Sequence of Events (SOE) o Sequence Events Report (SER)
 - de las funciones de protección (arranques, disparos, bloqueos, etc.)
 - de falla o defecto interno
 - otros eventos (cambio de ajustes, pérdida de referencia temporal, reinicio, etc.)
- Medida de magnitudes de servicio on-line
- Baja carga a los circuitos de medida de corriente y tensión.
- Las magnitudes residuales pueden calcularse en vez de (o además de) medirse
- Chequeos
 - Supervisión de coherencia de las medidas de corrientes y tensiones trifásicas, detección de falla en trafos de medida y circuitos secundarios
 - Detección de saturación de los TIs.
 - Supervisión de circuitos disparos,
 - Supervisión de posición de interruptores y seccionadores,
 - Supervisión del estado de interruptores (cantidad de aperturas, I^2t acumulado, etc.)
 - Auto-supervisión muy exhaustiva y alarma de falla interna,
 - Supervisión de la calidad de la continua de alimentación.
- Funciones de ensayo (forzado de salidas, forzado de señales internas, verificación y forzado de entradas digitales, debug de lógicas, modo ensayo para habilitar y deshabilitar funciones, etc.)

- Posibilidad de actualizar el firmware (software interno, corrección de bugs, nuevas funcionalidades)

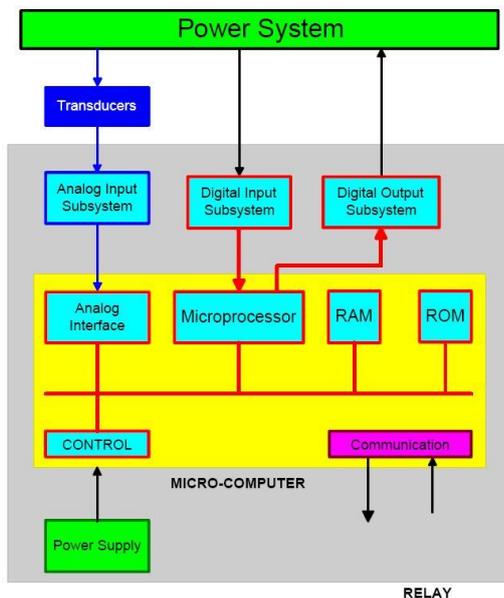
Algunas dificultades o inconvenientes que presenta la tecnología moderna son:

- Genera cantidades enormes de datos, que deben poder ser información
- Gran complejidad (para entender funcionamiento y relaciones, implementar ajustes, implementar lógicas, lógicas y funciones adaptivas, IEC61850, ensayo, etc.)
- Vida útil limitada.
 - Depende de la obsolescencia tecnológica (nuevas necesidades, funcionalidades o compatibilidades no cubiertas)
 - La vida de los componentes (que son productos comerciales) limita la confiabilidad y disponibilidad.
- La integración de funciones, lógicas, protección y control integrados, aumenta la susceptibilidad a las fallas de modo común y afecta la confiabilidad.
- Susceptibilidad a interferencia de radio (RFI) y electromagnética (EMI). El rechazo es muy bueno, pero menor que en algunas tecnologías previas.

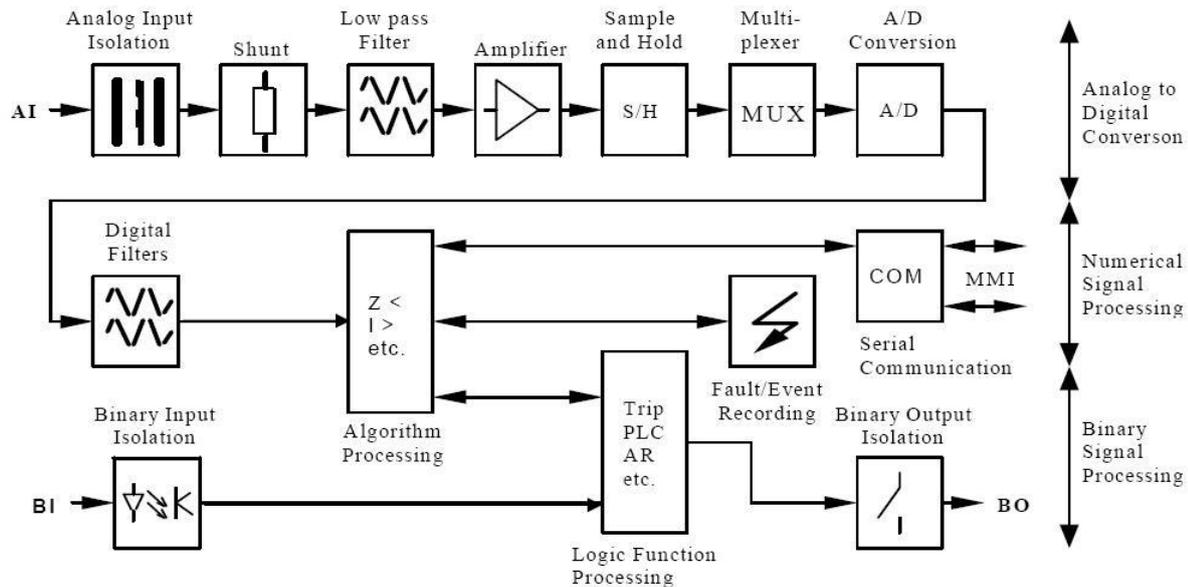
BLOQUES FUNCIONALES PRINCIPALES DE UN RELÉ NUMÉRICO TÍPICO.

Los relés numéricos son relés microprocesados que calculan sus algoritmos mediante técnicas numéricas.

Los relés numéricos generalmente pueden representarse con el siguiente diagrama de bloques.



A continuación se muestra otro diagrama en bloques más detallado de un relé microprocesado típico.



Las salidas de los transformadores de medida de corriente y tensión (1 o 5 Aac nominales, 100 o $100/\sqrt{3}$ hasta 200 o $200/\sqrt{3}$ Vac nominales) se aplican a las entradas analógicas de las protecciones.

El subsistema de entradas analógicas:

- Aisla al relé de los circuitos secundarios de medida,
- Reduce el nivel de las tensiones,
- Convierte las corrientes en tensiones proporcionales,
- Elimina las componentes de alta frecuencia de las señales mediante filtros analógicos pasabajo (antialiasing).

Las tensiones de salida del subsistema anterior, son aplicadas a la interfase analógica que realiza las siguientes funciones sobre las señales:

- Muestrarlas (sample and hold o S/H),
- Multiplexarlas
- Realizar su conversión analógica-digital (A/D o ADC)

convirtiendo los valores analógicos en sus equivalentes valores digitales que son guardados en memoria RAM.

Dado que los conversores A/D manejan solamente tensiones, el subsistema de entradas analógicas convierte las corrientes en tensiones utilizando resistores de precisión.

El subsistema de entradas digitales (o binarias) envía el estado de interruptores, seccionadores, etc. del sistema de potencia, señales de teleprotección, etc. a la memoria RAM.

Las entradas son optoacopladas de manera de aislar a la protección del sistema de potencia.

El algoritmo de protección (parte del software del relé) procesa la información adquirida usando técnicas de procesamiento numérico de señales para estimar:

- Amplitudes
- Ángulos

de los fasores de voltaje y corriente, y a veces para también estimar la

- Frecuencia del sistema.

Estas magnitudes son manejadas utilizando los principios de operación (nivel, zona, dirección, distancia, etc.) y algoritmos específicos, calculando otras magnitudes o resultados (por ej. impedancias) y comparándolos con los ajustes (settings) predefinidos en la protección, para así determinar si el equipo o sistema protegido experimenta una falta o condición anormal de funcionamiento, o no.

Existen otros algoritmos de protección que no calculan fasores, sino que trabajan en el dominio del tiempo (por ej. estimación de parámetros del sistema, ondas viajeras, etc.).

Las lógicas programables complementan este módulo brindando flexibilidad y posibilidades de automatización y control.

El subsistema de salida digital envía las salidas de disparo a los interruptores en caso de falta o condición anormal, así como otras órdenes y señales (recierre, alarmas, teleprotección, etc.)

Tanto las entradas como las salidas digitales, así como magnitudes analógicas pueden ser intercambiadas con otros equipos mediante protocolos de comunicación, por ejemplo DNP3, IEC 61850.

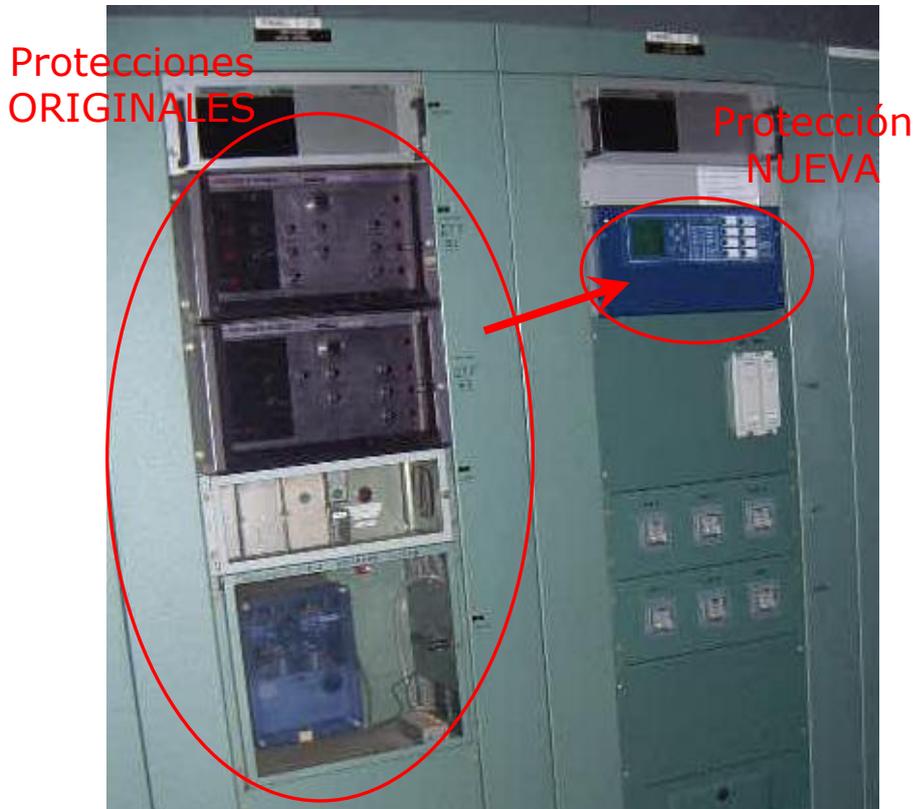
Los ajustes (settings), configuraciones, lógicas y otra información vital es almacenada en memoria no volátil (EPROM, E²PROM, etc.).

La memoria RAM es usada para almacenar información temporal.

Los relés computarizados generalmente tiene una pila o batería interna que permite, ante la pérdida de la alimentación externa al relé de protección, mantener ciertas funcionalidades o datos que no se guarden en E²PROM. Por ej. se mantiene operativo el reloj interno, por lo que la protección no pierde la hora durante una pérdida de alimentación, se conservan los registros oscilográficos y la lista de eventos, etc.

Dimensiones.

Nótese el ahorro de espacio al sustituir todos los relés estáticos de protección de un sistema por un solo relé numérico. Además el nuevo relé agrega funciones que no tenía el sistema original.



Bibliografía y figuras:

- Network Protection & Automation Guide (NPAG), ALSTOM (2002 y 2011).
- Protective Relaying Theory and Applications, W. A. Elmore.
- Power System Relaying. Stanley H. Horowitz, Arun G. Phadke.