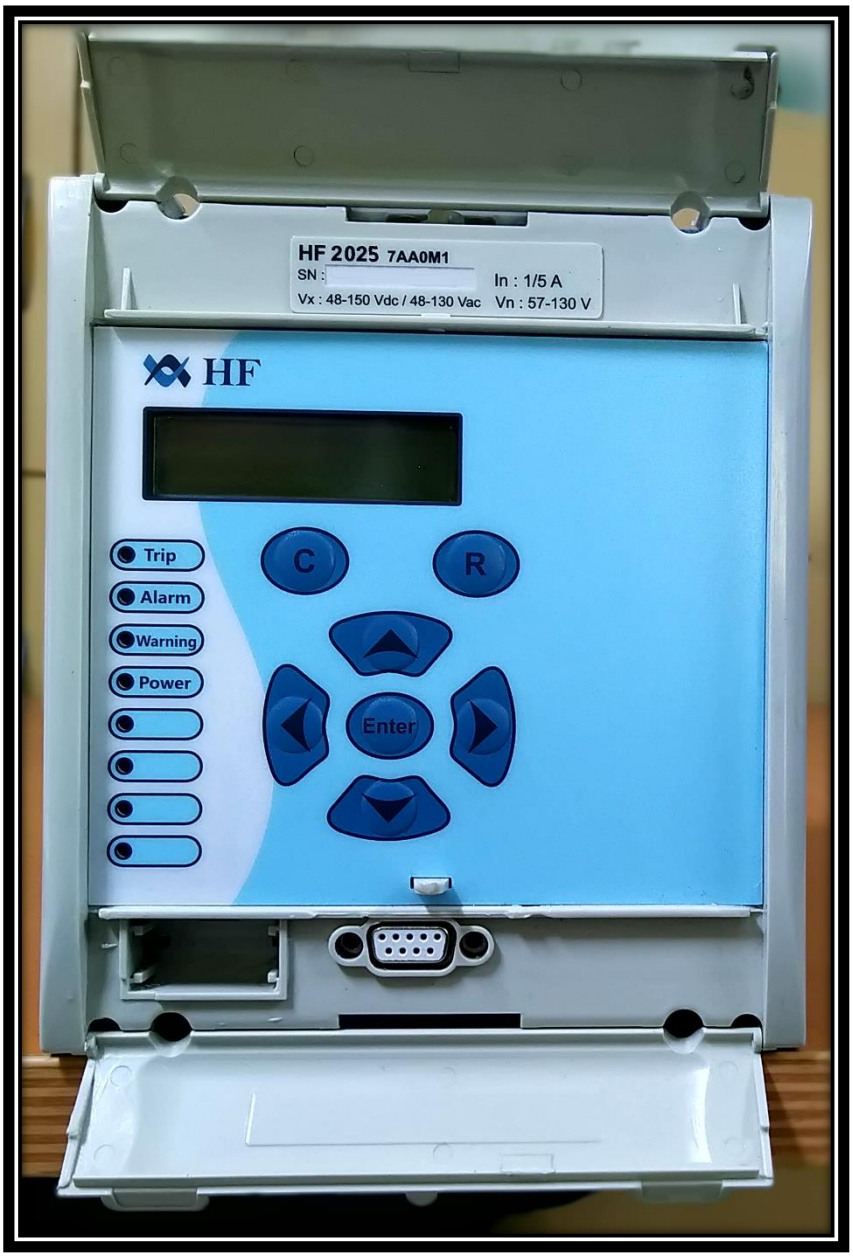
همیان فن
HAMIANFAN

راهنمای ساده جهت نصب و راه‌اندازی
رله حفاظت موتوری HF2025



فهرست

۱- نصب و راه‌اندازی رله ۱

۱-۱- تغذیه رله ۱

۱-۲- اتصال رایج رله حفاظت موتور HF2025 ..... ۱

۱-۳- طرح حفاظتی رایج و نمایش اتصالات رله HF2025 در زمان حفاظت موتور ۳

۱-۴- اتصال رله به رایانه ۴

۱-۵- تغییر تنظیمات رله ۶

۲- تنظیمات کلی رله : خروجی، ورودی، LED و ۸

۲-۱- مشخصات رله ۸

۲-۲- تنظیمات پیکره بندی CONFIGURATION ۹

۲-۲-۱- تنظیمات CONFIG. SELECT ۹

۲-۲-۲- تنظیمات CT/VT RATIO ۱۱

۲-۲-۳- تنظیمات LED ها ۱۲

۲-۲-۴- تنظیمات .ALARM CONFIG ۱۳

۲-۲-۵- تنظیمات .INPUT CONFIG ۱۴

۲-۳- اختصاص ورودی و خروجی ها ۱۵

۲-۳-۱- تنظیمات INPUTS ۱۵

۲-۳-۲- تنظیمات AUX OUTPUT RLY ۱۷

۲-۳-۳- تنظیمات LATCH AUX RLY ۱۹

۲-۳-۴- تنظیمات TRIP OUTPUT RLY ۱۹

۲-۳-۵- تنظیمات LATCH TRIP ORDER ۲۰

۲-۴- تنظیمات مربوط به ثبت و ذخیره داده‌ها ۲۰

۲-۴-۱- ثبت داده‌های خطا FAULT RECORD ۲۰

۲-۴-۲- ثبت شکل موج جریان‌ها، ولتاژ خطا RECORD DISTURBANCE ۲۱

۳- تشریح گروه تنظیمات حفاظتی PROTECTION G1-2 ..... ۲۳
۳-۱- تنظیمات مشخصه راه‌اندازی موتور START CRITERIA ۲۴
۳-۲- حفاظت اضافه بار حرارتی THERMAL OVERLOAD [49] ۲۵
۳-۳- حفاظت اضافه جریان فاز PHASE OVERCURRENT [50/51] ۳۰
۳-۴- حفاظت اضافه جریان زمین EARTH FAULT [50N/51N] ۳۴
۳-۵- حفاظت در برابر عدم تعادل بار UNBALANCE [46] ۳۵
۳-۶- حفاظت افت ولتاژ UNDERVOLTAGE [27] ۳۶
۳-۷- حفاظت اضافه ولتاژ OVERVOLTAGE [59] ۳۷
۳-۸- حفاظت در برابر راه‌اندازی طولانی EXCES LONG START [48] ۳۷
۳-۹- حفاظت در برابر روتور قفل شدن موتور BLOCKED ROTOR [51LR-50S] ۳۸
۳-۹-۱- قفل شدن روتور در شرایط کارکرد عادی موتور (Stall) ۳۹
۳-۹-۲- قفل شدن روتور در حین راه‌اندازی (با استفاده از speed switch) ۴۰
۳-۹-۳- قفل شدن روتور در حین راه‌اندازی (با استفاده از ضریب توان) ۴۱
۳-۱۰- حفاظت کاهش بار یا حذف بار LOSS OF LOAD [37] ۴۳
۳-۱۱- حفاظت در برابر افزایش دمای موتور RTD [49/38] ۴۴
۴- تشریح توابع نظارتی ۴۷
۴-۱- نظارت بر تعداد راه‌اندازی‌های موتور START NUMBER [66] ۴۸
۴-۱-۱- نحوه‌ی نظارت بر تعداد راه‌اندازی‌ها ۴۹
۴-۱-۲- مثال‌هایی از عملکرد تابع محدود کننده تعداد راه‌اندازی ۴۹
۴-۲- نظارت بر وجود تاخیر بین دو راه‌اندازی موتور MIN TIME BETW 2 START ۵۱
۴-۳- نظارت بر شتاب گیری مجدد موتور REACCEL AUTHORIZ ۵۲
۴-۳-۱- مثال‌هایی از عملکرد واحد نظارت بر شتاب گیری مجدد ۵۴
۴-۳-۲- اجازه برای باز راه‌اندازی ۵۶
۴-۴- نظارت بر عملکرد کلید قطع مدار CB FAIL ۵۷
۴-۴-۱- مثال‌هایی از عملکرد واحد نظارت بر عملکرد کلید قطع مدار ۵۸

۴-۵- نظارت بر چرخش معکوس موتور ABS:Anti Back Spin ۵۹
۴-۶- نظارت بر وجود ولتاژ قبل از راه‌اندازی موتور BUS VOLTAGE CTRL ۶۱
۴-۷- نظارت بر شرایط عملکرد کلید قطع مدار و استهلاک آن CB SUPERVISION ۶۱
۴-۷-۱- نظارت بر مدار تریپ ۶۲
۴-۷-۲- نظارت بر عملکرد کلید قطع مدار ۶۳
۴-۸- تابع ایجاد روابط منطقی بین سیگنال های رله LOGIC EQUATIONS ۶۴
۵- معرفی قابلیت های نرم افزار سارا ۶۷
۵-۱-تبدیل Setting به فرمت‌های استاندارد ۶۷
۵-۲- استخراج و ذخیره Events ۶۸
۵-۳-استخراج و پاک‌کردن داده‌های Disturbance Records ۶۹
۵-۴-اندازه‌گیری لحظه‌ای ۷۰

۱- نصب و راه‌اندازی رله

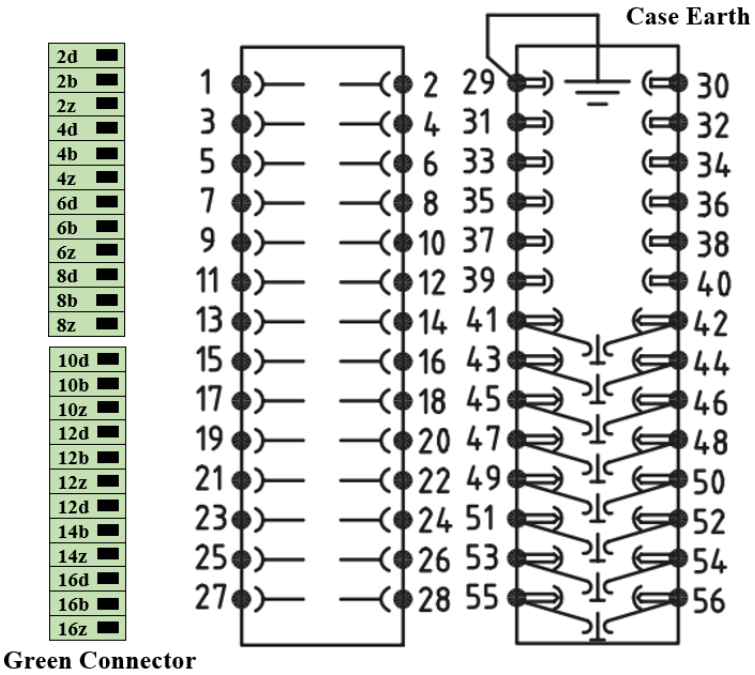
۱-۱- تغذیه رله

ابتدا برای روشن کردن رله، می‌بایست مطابق شکل ۱-۱ و جدول ۱-۱ سرهای مثبت و منفی منبع تغذیه (یا منفی و مثبت) را به ترمینال های ۳۳ و ۳۴ پشت رله وصل کرد. دقت داشته باشید که محدوده ولتاژ DC برابر با ۲۴-۱۵۰ ولت است در حالی که محدوده ولتاژ AC برابر با ۴۸-۱۳۰ ولت است. (* نوع دیگر این رله که تغذیه آن به ازای محدوده ولتاژهای بزرگتری کار می‌کند نیز وجود دارد.)

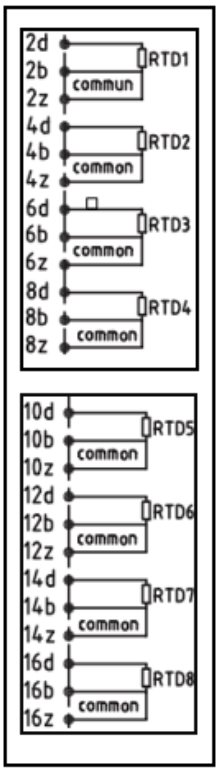
۱-۲- اتصال رایج رله حفاظت موتور HF2025

همان طور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود، رله دارای ورودی‌های جریان ^{A}۱ و ^{A}۵ می‌باشد. با توجه به جریان نامی سمت ثانویه ترانسفورماتورهای جریان (CT)، می‌بایست کاربر به درستی ثانویه CT ها را به ترمینال‌های متناظرشان در پشت رله وصل کند. به طور مثال، اگر CT نصب شده بر روی موتور، دارای نسبت تبدیل ۱ : ۲۰۰ آمپر بود با توجه به جریان نامی ثانویه CT (در این جا ^{A}۱)، کاربر می‌بایست از ترمینال‌های ۴۹ تا ۵۶ استفاده کند. به طور مشابه اگر جریان نامی سمت ثانویه (خروجی) CT برابر ^{A}۵ باشد، می‌بایست از ترمینال‌های ۴۱ تا ۴۸ در پشت رله استفاده کرد که به دلیل تشابه، نحوه اتصال آن در شکل ۱-۱ با خط چین آورده شده است.

علاوه بر این، این رله دارای یک ورودی جهت نمونه برداری از ولتاژ خط به خط است. بدین منظور مطابق شکل ۱-۲، کاربر می‌بایست ولتاژ بین فازهای A و C (V_{AC}) که توسط ترانسفورمر ولتاژ به مقادیر کوچکتر تبدیل شده است، را به ترمینال های ۳۹ و ۴۰ پشت رله وصل کند.



شکل ۱-۱. ترمینال‌های پشت رله

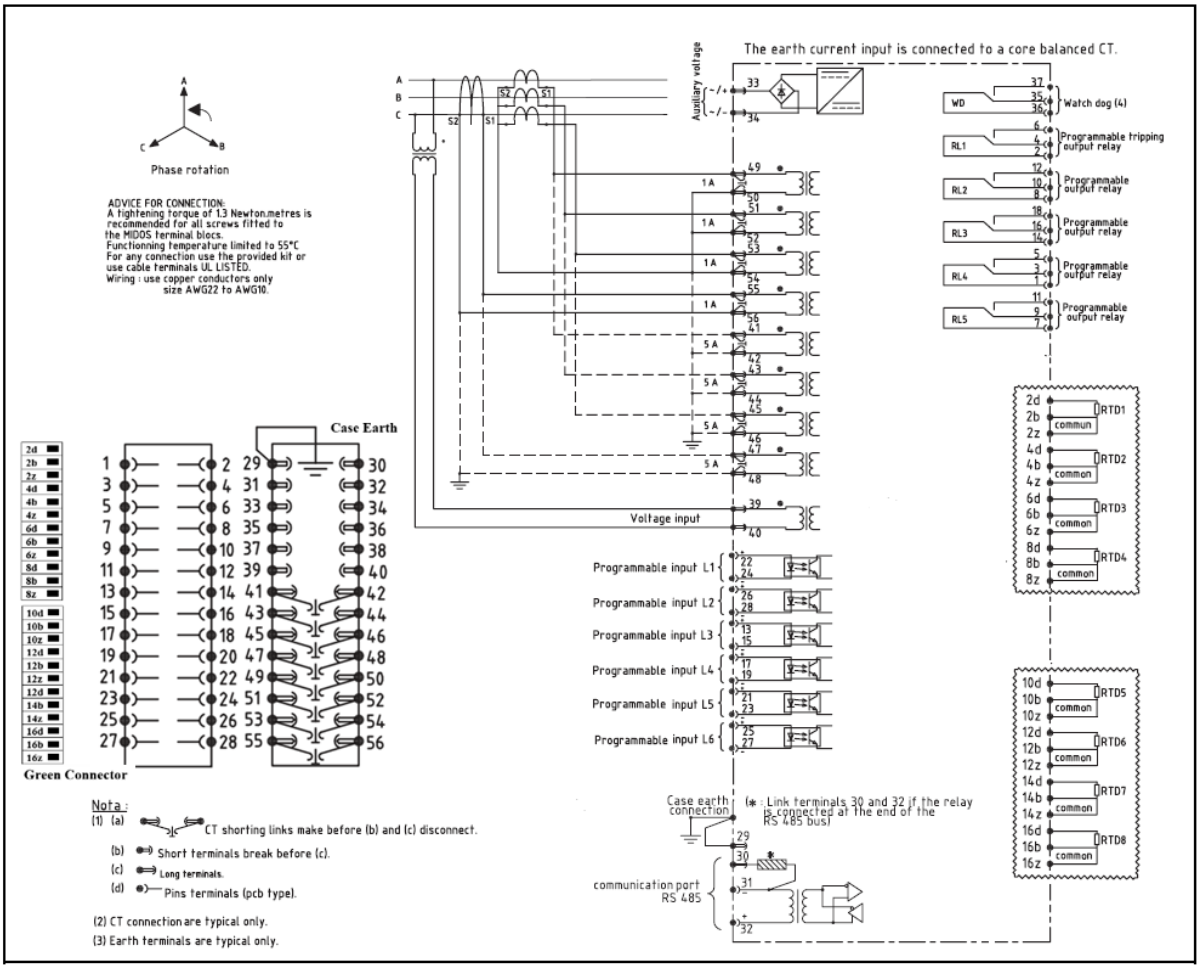


Common output 4	1	2	Common output 1
Output 4 (NC)	3	4	Output 1 (NC)
Output 4 (NO)	5	6	Output 1 (NO)
Common output 5	7	8	Common output 2
Output 5 (NC)	9	10	Output 2 (NC)
Output 5 (NO)	11	12	Output 2 (NO)
Input 3 +	13	14	Common output 3
Input 3 –	15	16	Output 3 (NC)
Input 4 +	17	18	Output 3 (NO)
Input 4 –	19	20	
Input 5 +	21	22	Input 1 +
Input 5 –	23	24	Input 1 –
Input 6 +	25	26	Input 2 +
Input 6 –	27	28	Input 2 –

Case earth	29	30	RS485 (resistance)
RS485 (-)	31	32	RS485(+)
Vaux +	33	34	Vaux -
Relay failed	35	36	Common WD
Relay healthy	37	38	
Voltage input VA	39	40	Voltage input VC
Current input IA (5A)	41	42	Current input IA (5A)
Current input IB (5A)	43	44	Current input IB (5A)
Current input IC(5A)	45	46	Current input IC(5A)
Current input Ie (5A)	47	48	Current input Ie (5A)
Current input IA (1A)	49	50	Current input IA (1A)
Current input IB (1A)	51	52	Current input IB (1A)
Current input IC(1A)	53	54	Current input IC(1A)
Current input Ie (1A)	55	56	Current input Ie(1A)

جدول ۱-۱. ترمینال‌های پشت رله

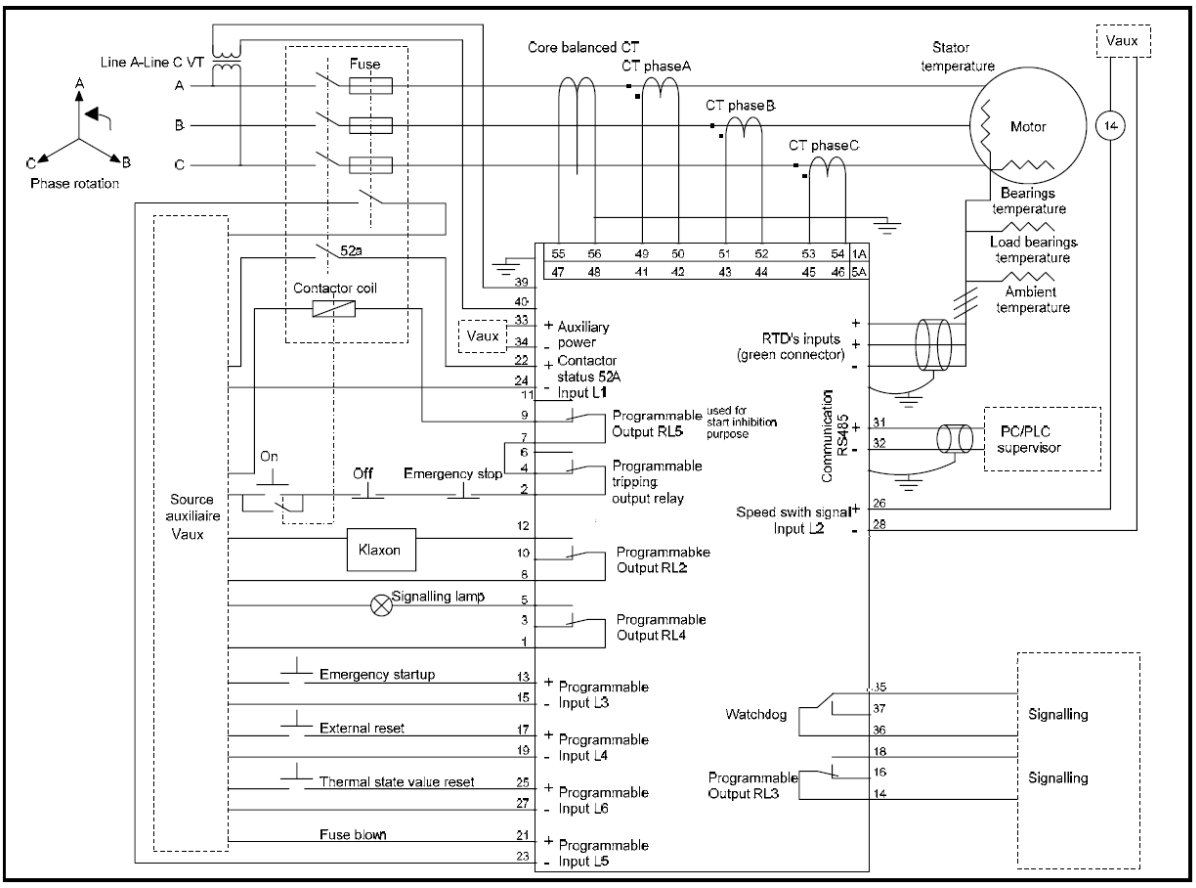
همچنین رله HF2025 امکان اتصال هشت عدد RTD برای اندازه گیری دما و حفاظت جداگانه دارد که نحوه ی اتصال سنسورهای RTD به ترمینال های سبز رنگ پشت رله نیز در شکل ۱-۲ نشان داده شده است.



شکل ۱-۲. سربندی ترمینال‌های پشت رله HF2025

۱-۳- طرح حفاظتی رایج و نمایش اتصالات رله HF2025 در زمان حفاظت موتور

شکل ۱-۳، ورودی و خروجی های رله HF2025 در یک طرح حفاظتی پرکاربرد جهت حفاظت از یک موتور را نشان می‌دهد. در این شکل مشاهده می‌شود که چگونه می‌توان فرمان استارت موتور را به کمک کنتاکت NC **خروجی تریپ اصلی (RL1)** و کنتاکت NC خروجی دیگر (مثلا RL2) به عنوان **بلاک فرمان استارت،** به **کنتاکتور وصل موتور** به شبکه رساند. در این مدار اگر فرمان تریپ رله صادر شود یا کاربر دکمه قطع اضطراری را فشار دهد موتور خاموش می‌شود. اگر فرمان تریپ برداشته شود و خروجی ممنوعیت استارت (RL2) غیر فعال باشد (مثلا ولتاژ خط (V_{AC}) به اندازه کافی برای استارت موتور بزرگ باشد) کاربر با زدن دکمه استارت می‌تواند بوبین کنتاکتور وصل کلید را فعال کند. با این کار ورودی 52A رله نیز یک می‌شود. در شکل ۱-۳ محل قرار گرفتن چندین RTD جهت حفاظت از موتور نشان داده شده‌است.



شکل ۱-۳. یک نمونه طرح حفاظتی پرکاربرد جهت حفاظت از موتور توسط رله HF2025

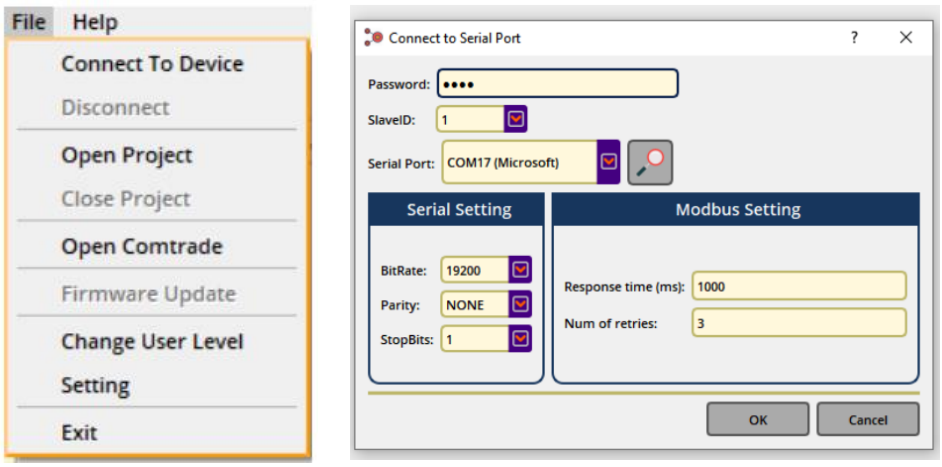
۱-۴- اتصال رله به رایانه

جهت تنظیم ستینگ رله و یا مشاهده رخدادها و جریان‌های ثبت شده خطا درون رله هم می‌توان از نرم افزار سارا و هم از نرم افزار Schneider Electric Easergy Studio استفاده کرد. آخرین نسخه نرم افزار سارا را می‌توان از سایت شرکت همیان فن دانلود کرد. همچنین همراه رله یک نسخه CD که شامل آخرین نسخه نرم افزار است نیز موجود است. برای ارتباط رله به رایانه نیز می‌توان از پورت ۹ پینه RS232 که در جلوی دستگاه موجود است (مطابق شکل ۱-۴) یا از طریق پورت RS485 در ترمینال های پشت رله با شماره های ۲۹-۳۰-۳۱-۳۲ استفاده کرد. اگر رایانه شخصی پورت سریال نداشته باشد می‌بایست از کابل ارتباطی که دارای مبدل سریال به USB است استفاده کرد. همراه این کابل ها نیز درایو مربوطه نیز وجود دارد که می‌بایست این درایور نیز در رایانه نصب شود.

پس از نصب نرم افزار سارا بر روی رایانه، برای اتصال رله به آن می‌بایست در این نرم‌افزار یک پروژه جدید ایجاد کرد. برای ایجاد پروژه جدید باید مطابق شکل ۱-۵ در منوی File گزینه Connect to Device انتخاب شود و در پنجره ایجاد شده مطابق شکل زیر در قسمت Serial Port پورتی که امکان اتصال دارد را انتخاب شده و سپس بر روی OK کلیک کرد. باید دقت کرد که دربخش Slave ID آدرس رله به درستی

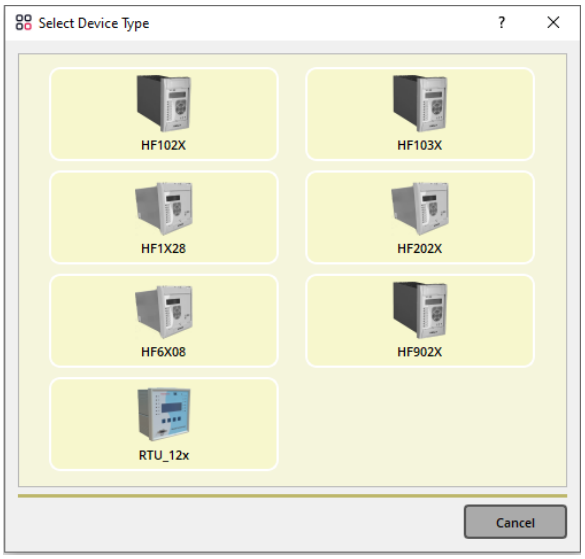
انتخاب شده باشد. آدرس رله می‌تواند مقدار ۱ تا ۲۵۵ بگیرد. با این کار می‌توان چندین رله را با آدرس های مختلف با استفاده از یک رایانه تنظیم کرد. پسورد موجود در رله نیز که به صورت پیش فرض برابر "AAAA" است را نیز می‌بایست به درستی در این بخش وارد کرد. در غیر این صورت ارتباط با رله مقدور نخواهد بود. همچنین مقادیر Bitrate، Parity، Stopbits باید مطابق با مقادیر پیش فرض مطابق شکل ۱-۵ باشند.

شکل ۱-۴. رله و پورت RS232



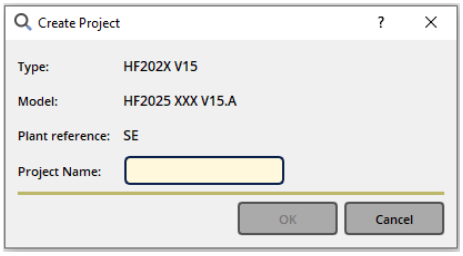
شکل ۱-۵. تنظیمات اتصال رله به نرم‌افزار سارا

درصورتی که اتصال به سریال برقرار باشد، پنجره شکل ۱-۶ ایجاد می‌شود که باید رله HF202X را انتخاب کرد.



شکل ۱-۶. انتخاب نوع رله متصل به نرم‌افزار

در پنجره باز شده در شکل ۱-۷، می‌بایست یک نام جدید برای پروژه وارد کرده و بر روی OK کلیک کرد.

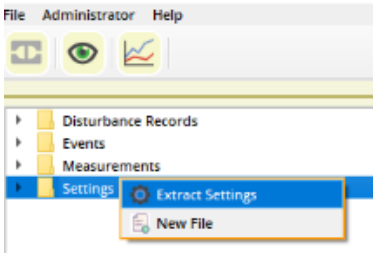


شکل ۱-۷. ایجاد پروژه جدید

برای اتصال رله به رایانه از طریق پورت RS485 در پشت رله، می‌توان از مبدل (USB – RS485) استفاده کرد و کلیه گام های قبل را تکرار کرد.

۱-۵- تغییر تنظیمات رله

مطابق شکل ۱-۸ ابتدا در منوی سمت چپ با فشردن راست کلیک بر روی گزینه setting و انتخاب Extract setting تنظیمات رله فرا خوانده می‌شود.



شکل ۱-۸. Extract کردن setting

با دوبار کلیک کردن بر هر فیلد، می‌توان مقادیر آن را تغییر داد. همانطور که در شکل ۱-۹ آورده شده‌است، بعد از تغییر هر مقدار و کلیک بر روی دکمه OK تنظیمات مورد نظر به رنگ قرمز نشان داده می‌شود، تا زمانی که اطلاعات به رله ارسال شود. اگر در تنظیمی مقدار اشتباهی وارد شود یا خارج از محدوده تابع مورد نظر باشد یا مقداری برای آن وارد نشده باشد علامت هشدار در کنار آن تنظیم ظاهر می‌شود.

```
[49] THERM OL
THERM OVERLOAD FUNCT ?   YES
Therm INHIBIT ?          YES
Iflc> =                  0.2 In
Ke                       10      7
Te1                      10 mn
Te2                      360 mn
Tr                       9 mn
RTD INFLUENCE            YES
Therm ALARM ?            YES
Therm Alarm =            100 %
Therm FORBID START ?     NO
Therm FORBID START       100 %
```

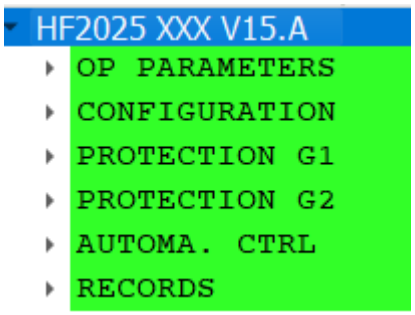
شکل ۱-۹. تنظیمات تغییر داده شده

برای ذخیره کردن داده‌ها بر روی رله، می‌بایست بر روی هر کدام از شاخه ها، زیرشاخه ها و یا فیلدهایی که لازم است تغییرات آن در دستگاه ذخیره شود، راست کلید کرد. منوی باز شده دارای گزینه‌های زیر است:

- Send all data to device : با انتخاب این گزینه تمام داده‌های زیرشاخه‌ها بدون توجه به اینکه تغییر کرده‌اند یا نه، به دستگاه ارسال می‌شوند.
- Send modified data to device : با انتخاب این گزینه فقط داده‌های زیرشاخه ها که تغییرکرده‌اند به دستگاه ارسال می‌شوند.
- Extract setting from device : مقادیر تمام زیر شاخه‌ها از دستگاه خوانده شود.
- Copy : تمام مقادیر زیرشاخه‌ها در حافظه ذخیره شود. (در صورتی که قبلا گزینه copy را استفاده کرده باشیم گزینه paste هم وجود دارد.)

۲- تنظیمات کلی رله : خروجی، ورودی، LED و ...

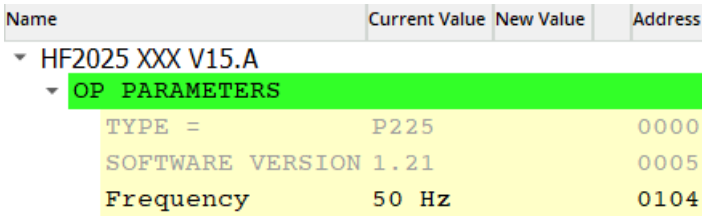
پس از بازکردن منوی رله HF2025 مشاهده می‌شود که تنظیمات این رله شامل شش بخش مجزا مطابق شکل ۲-۱ می‌باشد: ۱) OP PARAMETERS ۲) CONFIGURATION ۳) PROTECTION G1 ۴) PROTECTION G2 ۵) AUTOMA. CTRL و ۶) RECORDS. در این فصل به معرفی و توضیح تنظیمات کلی (کلیه تنظیمات به غیر از تنظیمات حفاظتی) رله پرداخته می شود و معرفی تنظیمات حفاظتی در فصل بعد انجام خواهد شد. در ادامه این تنظیمات شرح داده خواهند شد:



شکل ۲-۱. بخش‌های موجود در نرم افزار سارا برای رله موتوری

۲-۱- مشخصات رله

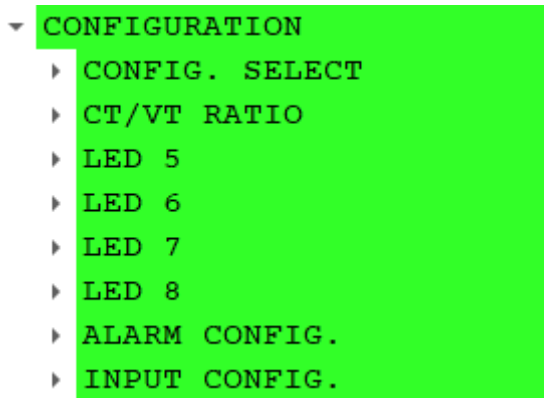
بخش OP PARAMETERS مطابق شکل ۲-۲ شامل چندین زیربخش است و شامل تنظیماتی از رله می‌شود که قابل تغییر در نرم افزار سارا نیستند. این بخش شامل نوع رله (TYPE)، آخرین نسخه نرم افزاری که روی رله بارگذاری شده (SOFTWARE VERSION) و فرکانس شبکه ای که رله برای نصب بر روی آن انتخاب شده‌است (FREQUENCY) می‌شود.



شکل ۲-۲. تنظیمات OP PARAMETERS

۲-۲- تنظیمات پیکره بندی CONFIGURATION

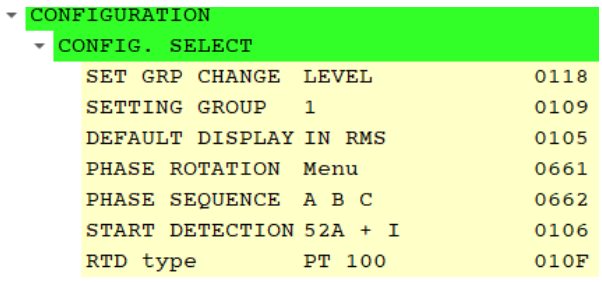
بخش دوم تنظیمات، CONFIGURATION می‌باشد که مطابق شکل ۲-۳ شامل چندین زیربخش می‌شود، که در ادامه این زیربخش‌ها توضیح داده خواهند شد:



شکل ۲-۳. تنظیمات OP PARAMETERS

۲-۲-۱- تنظیمات CONFIG. SELECT

زیربخش CONFIG. SELECT، مطابق شکل ۲-۴، شامل زیربخش‌های مختلفی می‌شود که به شرح زیر است:



شکل ۲-۴. تنظیمات CONFIG. SELECT

- در تنظیم SET GRP CHANGE می‌توان نحوه‌ی تغییر گروه تنظیمات حفاظتی فعال را تغییر داد. رله HF2025 دارای دو گروه تنظیمات حفاظتی (در بخش‌های PROTECTION G1-2) است که در این زیر بخش نحوه‌ی انتخاب گروه فعال تعیین می‌شود. این تنظیم دارای دو گزینه به شرح زیر است: ۱) LEVEL ۲) EDGE.

- اگر گزینه‌ی LEVEL انتخاب شود: تغییر گروه تنظیمات حفاظتی فعال از طریق وضعیت ورودی دیجیتال انجام می‌گیرد. در صورتی که ورودی انتخاب شده غیرفعال (صفر) باشد گروه حفاظتی ۱ (گروه حفاظتی پیش فرض) فعال است و در صورتی که ورودی فعال (یک) شود گروه حفاظتی ۲

فعال می‌شود. اگر هیچ ورودی به تغییر گروه تنظیماتی اختصاص داده نشده باشد، گروه حفاظتی ۱ فعال خواهد بود.

- اگر گزینه‌ی EDGE انتخاب شود: تغییر گروه حفاظتی هم از طریق تغییر سطح ورودی، هم از طریق کلید روی پنل رله و هم به کمک نرم افزار سارا قابل انجام است.

- در تنظیم SETTING GROUP، در صورتی که تنظیم قبلی روی گزینه EDGE تنظیم شده باشد، می‌توان گروه حفاظتی که در رله فعال است (active group) را از میان ۲ گروه تنظیمات حفاظتی تعیین کرد.
- در تنظیم DEFAULT DISPLAY نمایش پیش‌فرض LCD رله تعیین می‌شود.
- در تنظیم PHASE ROTATION می‌توان مشخص کرد که توالی فاز جریان‌های موتور (A B C یا A C B) در رله از طریق منوهای موجود در نرم افزار سارا (menu) یا از طریق ورودی باینری (input) که به این کار اختصاص داده شده‌است تعیین شود. به این صورت که اگر ورودی انتخاب شده غیرفعال (صفر) باشد، حالت پیش فرض (A B C) برای موتور انتخاب می‌شود و اگر ورودی یک شود، حالت (A C B) انتخاب می‌شود.
- در تنظیم PHASE SEQUENCE، در صورتی که تنظیم قبلی روی menu باشد می‌توان توالی فاز جریان‌های موتور را از میان گزینه های توالی نرمال A B C یا توالی برعکس A C B انتخاب کرد. موتورهایی که گاها نیاز است که موتور چرخش معکوس نیز داشته باشد (مثل موتورهای به کار رفته در حفاری) این چرخش معکوس با تغییر توالی فاز صورت می‌گیرد. در این حالت حفاظت توالی منفی جریان، جریان توالی منفی بزرگی می‌بینند، اما اگر در این زمان، توالی فاز رله (A C B) اصلاح شده باشد و این تنظیم به رله درست معرفی شده باشد، واحد حفاظت توالی منفی جریان دچار عملکرد اشتباه نخواهد شد. به ازای تنظیم A C B جای جریان توالی منفی و جریان توالی مثبت عوض خواهند شد.
- به کمک تنظیم START DETECTION، نحوه تشخیص راه‌اندازی موتور به دو روش زیر تعیین می‌شود:

۱- با بسته شدن کنتاکتور یا کلید وصل مدار (Circuit Breaker)، که در این صورت این تنظیم باید 52A انتخاب شود.

۲- با بسته شدن کنتاکتور یا کلید وصل مدار (Circuit Breaker) همزمان با عبور جریان شدید که بیش‌تر از مقدار جریان راه‌اندازی (Iutil) تعیین شده باشد. این دو رخداد باید در فاصله کمتر از حدود ۹۰ میلی ثانیه از یکدیگر روی دهد تا رله این اتفاق را به عنوان راه‌اندازی حساب کند. در این صورت این تنظیم باید گزینه 52A+I انتخاب شود.

با این کار می‌توان رله را بر اساس نوع راه‌اندازی موتور (راه‌اندازی مستقیم (52A+I) یا به کمک راه‌اندازی نرم (52A) توسط soft starter) تطبیق داد.
نکته: در این رله ضروری است که یک ورودی باینری به کنتاکتور کلید وصل مدار (52a) وصل شده باشد و به اصطلاح از وضعیت کلید فیدبک بگیرد. اختصاص یک ورودی به 52A ضروری است در غیر این صورت یک الارم بر روی LCD نمایش داده می‌شود.

- در تنظیم RTD type، نوع سنسور RTD مورد استفاده تعیین می‌شود که دارای ۴ گزینه به شرح روبرو است: ۱) 100 PT ۲) 120 Ni ۳) 100 Ni ۴) 10 Cu.

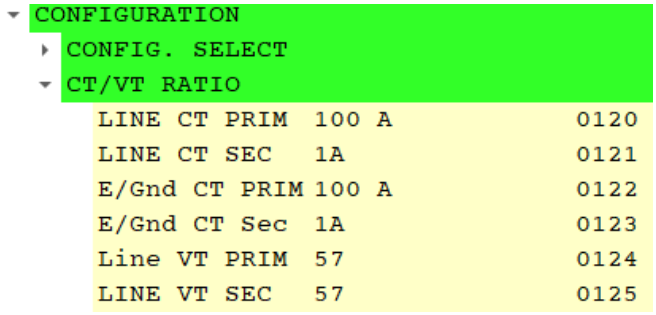
۲-۲-۲- تنظیمات CT/VT RATIO

زیربخش CT/VT RATIO، مطابق شکل ۲-۵ شامل تنظیمات مختلفی می‌شود که به شرح زیر است:

- LINE CT PRIM: از این تنظیم برای معرفی جریان نامی **اولیه** ترانسفورمرهای جریان نصب شده بر روی فازها استفاده می‌شود.
- LINE CT SEC: از این تنظیم برای معرفی جریان نامی **ثانویه** ترانسفورمرهای جریان نصب شده بر روی فازها استفاده می‌شود. این جریان ها می‌توانند ۱ یا ۵ آمپر باشند.
- E/GND CT PRIM: از این تنظیم برای معرفی جریان نامی **اولیه** ترانسفورمر جریان نصب شده بر روی نول موتور استفاده می‌شود.
- E/GND CT SEC: از این تنظیم برای معرفی جریان نامی **ثانویه** ترانسفورمر جریان نصب شده بر روی نول موتور استفاده می‌شود. این جریان ها می‌توانند ۱ یا ۵ آمپر باشند.

نکته: اگر به جای استفاده از ترانسفومر جریان Core balance، بدون استفاده از CT چهارم، مجموع CT های سه فاز را به ورودی نول پشت رله وصل کنیم، در این حالت تنظیمات اولیه وثانویه نول باید مشابه ترانسفورمرهای جریان فازها انتخاب شوند.

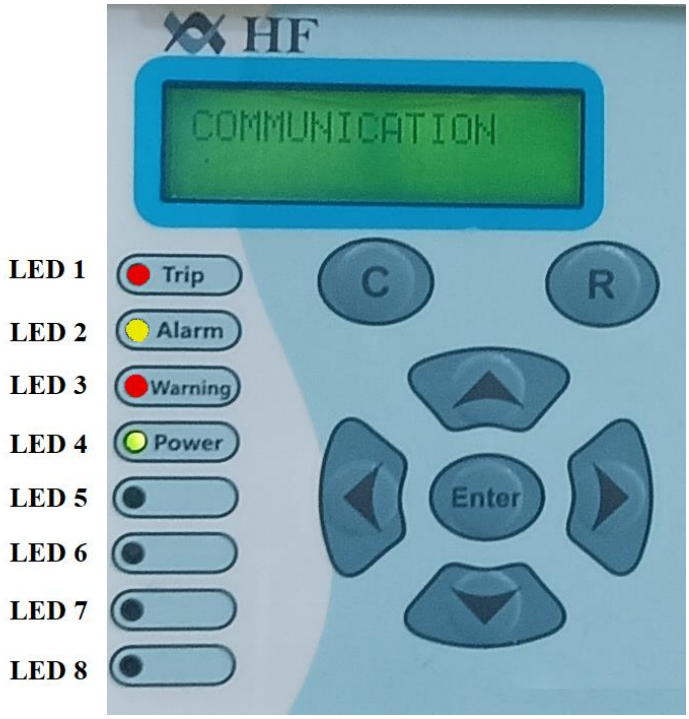
- LINE VT PRIM: از این تنظیم برای معرفی ولتاژ نامی **اولیه** ترانسفورمر ولتاژ نصب شده برای اندازه‌گیری ولتاژ خط موتور استفاده می‌شود. (ولتاژ خط A-C به رله داده می‌شود)
- LINE VT SEC: از این تنظیم برای معرفی ولتاژ نامی **ثانویه** ترانسفورمرهای ولتاژ نصب شده برای اندازه‌گیری ولتاژ خط موتور استفاده می‌شود.



شکل ۲-۵. تنظیمات CT/VT RATIO

۲-۲-۳- تنظیمات LED ها

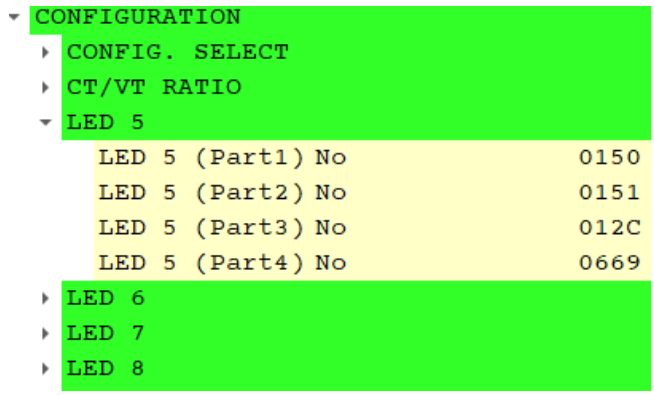
همانطور که در شکل ۲-۶ دیده می‌شود رله موتوری HF2025 هشت LED دارد. LED1 مربوط به Trip، LED2 مربوط به Alarm، LED3 مربوط به Warning و LED4 مربوط به Power می‌باشد. چهار LED قابل برنامه ریزی نیز وجود دارد که در ادامه به تشریح و معرفی این LED ها نیز پرداخته می‌شود.



شکل ۲-۶. LEDهای موجود بر روی رله

- LED1 قرمز رنگ است و قابل برنامه ریزی نیست و مربوط به سیگنال Trip می‌باشد. از آن جایی که این LED در مد عملکرد Latch کار می‌کند، در صورت فعال شدن سیگنال اختصاص داده شده، این LED روشن می‌شود و حتی پس از غیر فعال شدن این سیگنال، همچنان روشن باقی می‌ماند و تنها با فشردن دکمه C (Clear) پاک می‌شود (البته به شرطی که سیگنال اختصاصی آن نیز غیر فعال شده باشد).

- LED2 مخصوص ALARM و زرد رنگ است. این LED قابل برنامه ریزی نیست. در صورت فعال شدن رله های خروجی (وقوع trip) و نمایش پیام ALARM روی LCD این LED به صورت چشمک زن روشن می‌شود. در این صورت کاربر با فشردن دکمه R (READ) نوع خطا را می‌تواند مشاهده کند. در این حالت LED2 به صورت روشن کامل در می‌آید و دیگر چشمک زن نیست. در این حالت LED2 آماده پاک شدن است. اگر کلیه خطاهای موجود پاک شوند (با زدن دکمه Clear) این LED نیز می‌تواند خاموش بشود.
- LED3 مخصوص WARNING و قرمز رنگ است و قابل برنامه ریزی نیست. در زمانی که از طریق پورت سریال داده‌ای بر روی رله ریخته می‌شود و تنظیمی در رله تغییر کند، این LED روشن می‌شود و نشان دهنده این است که در این زمان رله بلاک شده و توابع حفاظتی عمل نمی‌کنند. پس از پایان انتقال داده به صورت اتوماتیک این LED خاموش می‌شود.
- LED4 مخصوص POWER و سبز رنگ است. این LED نیز قابل برنامه ریزی نیست. در حالت سلامت بوردهای power و منبع تغذیه، این LED روشن شده و مادامی که رله در سلامت و صحت است روشن باقی می‌ماند.
- LED 5-6-7-8 قابل برنامه ریزی هستند و می‌توان سیگنالی به آن‌ها اختصاص داد. شکل ۲-۷ تنظیمات این LEDها که در بالا توضیح داده شده‌اند را نشان می‌دهد. به هر LED می‌توان یک یا تعداد بسیاری سیگنال اختصاص داد. به علت تعدد این سیگنال‌ها، انتخاب آن ها در قالب چهار قسمت (Part 1-4) مهیا شده‌است. برای روشن شدن این LEDها فقط کافی است یکی از سیگنال‌های انتخاب شده فعال شود (لاجیک OR) و نیازی به یک شدن همه سیگنال‌ها نیست.

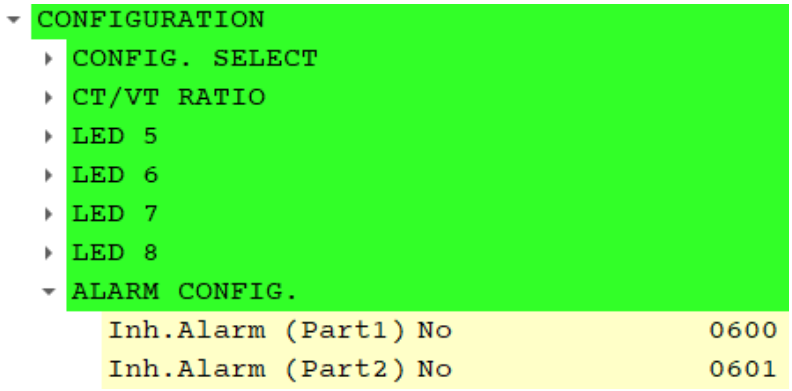


شکل ۲-۷. تنظیمات LED در نرم‌افزار سارا

۲-۲-۴- تنظیمات .ALARM CONFIG

این زیربخش همانطور که در شکل ۲-۸ قابل مشاهده است دارای تنظیم inh.Alarm است. به کمک این تنظیم می‌توان به ازای رخدادهای گذرا و موقتی از تولید الارم جلوگیری کرد. در این حالت هیچ LED

نیز روشن نخواهد شد و پیغامی بر روی LCD نمایش داده نمی‌شود. در رله HF2025 به کمک این تنظیم می‌توان تعیین کرد که از نمایش الارم های مربوط به tAUX1-10 ، i< و الارم های مربوط به روابط لاجیکی (Logic Equation) جلوگیری شود.



شکل ۲-۸. تنظیمات .ALARM CONFIG در نرم‌افزار سارا

۲-۲-۵- تنظیمات .INPUT CONFIG

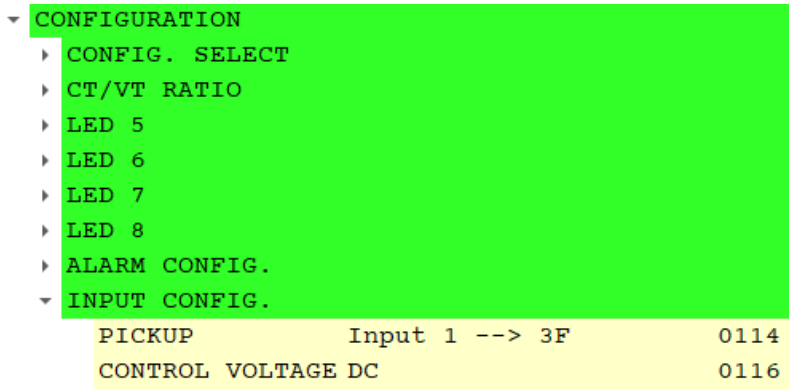
زیربخش تنظیمات ورودی همانطور که در شکل ۲-۹ قابل مشاهده است شامل دو تنظیم است:

- PICKUP: این تنظیم به کاربر اجازه می‌دهد که فعال بودن هریک از ورودی‌های دیجیتال را بر اساس وضعیت ولتاژ تزریقی به ترمینال‌های متناظر خود تعیین کند. اگر این تنظیم:

- مقدار یک انتخاب شود که به صورت پیش فرض نیز یک است در صورتی که به ترمینال ورودی پشت رله، ولتاژ مورد نیاز داده شده باشد، ورودی دیجیتال درون رله فعال (یک) می‌شود و اگر ترمینال ورودی ولتاژ نداشت، ورودی دیجیتال درون رله صفر می‌شود.

- مقدار صفر انتخاب شود: برعکس حالت قبل، با تزریق ولتاژ به ترمینال ورودی، ورودی دیجیتال غیر فعال و صفر می‌شود و اگر ورودی تحریک نشود، ورودی باینری (یک) می‌شود. انتخاب این گزینه باید با احتیاط صورت بگیرد.

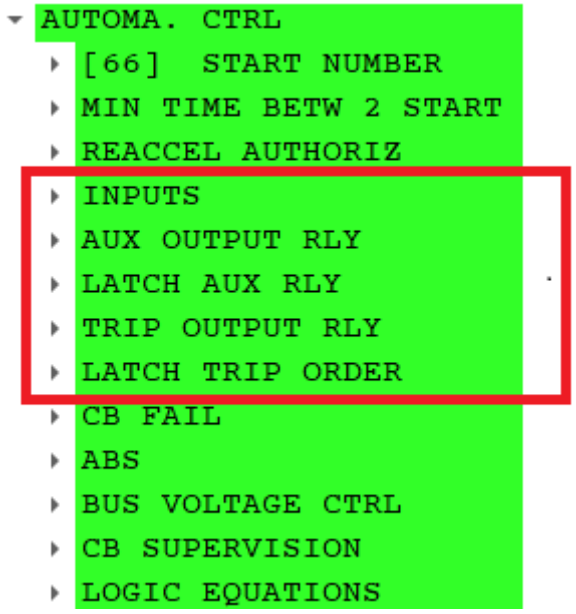
- CONTROL VOLTAGE: این تنظیم نوع ولتاژی که برای تحریک ترمینال‌های ورودی دیجیتال استفاده شده‌است را تعیین می‌کند. ولتاژ تحریک می‌تواند DC یا AC باشد.



شکل ۲-۹. تنظیمات .INPUT CONFIG در نرم‌افزار سارا

۲-۳- اختصاص ورودی و خروجی ها

در ادامه بخش‌های قبل که به تشریح تنظیمات کلی (تنظیمات غیر حفاظتی رله) اختصاص داشت، نیاز است که تنظیمات بخش دیگری نیز شرح داده شود. این بخش به نحوه‌ی اختصاص سیگنال‌های رله HF2025، به ورودی‌ها و خروجی های آن می‌پردازد. از این رو به پنج زیربخش از بخش AUTOMA. CTRL که در شکل ۲-۱۰ با کادر قرمز رنگ قابل مشاهده‌اند، پرداخته می‌شود. در ادامه هر تنظیم به صورت جداگانه شرح داده می‌شوند.



شکل ۲-۱۰. تنظیمات مربوط به اختصاص سیگنال‌ها به ورودی و خروجی‌ها در نرم‌افزار سارا

۲-۳-۱- تنظیمات INPUTS

همانطور که در شکل ۲-۱۱ مشاهده می‌شود، رله HF2025 دارای ۶ ورودی دیجیتال قابل برنامه ریزی است. یکی از این ورودی‌ها به اجبار باید به کنتاکت 52A کلید وصل مدار (circuit breaker) از طریق

سیم کشی وصل شود. اینترلاک این رله به گونه ای است که وقتی کلید باز است ورودی دیجیتال 52A صفر است و وقتی که کلید وصل است، این ورودی یک می‌شود. به طور معمول ورودی دیجیتال ۱ (Logic input L1 با ترمینال های ۲۲-۲۴) را به ورودی 52A اختصاص می‌دهند. پنج ورودی قابل برنامه ریزی دیگر شامل ورودی دیجیتال ۲ (Logic input L1 با ترمینال های ۲۶-۲۸)، ورودی دیجیتال ۳ (Logic input L1 با ترمینال های ۱۳-۱۵)، ورودی دیجیتال ۳ (Logic input L1 با ترمینال های ۱۷-۱۹)، ورودی دیجیتال ۵ (Logic input L1 با ترمینال های ۲۱-۲۳) و ورودی دیجیتال ۶ (Logic input L1 با ترمینال های ۲۵-۲۷) می‌باشند.

همچنین ۶ ورودی دیجیتال رله HF2025، می‌تواند تعداد ۱۰ عدد داده خارجی باینری به نام Aux1-10 داشته باشند. به این صورت که می‌توان هر یک از این ۶ ورودی دیجیتال این رله، به یک یا چند باینری خارجی اختصاص داد. متناظر هر باینری خارجی (Aux1-10)، یک تنظیم زمانی نیز به نام های tAux1-10 وجود دارد. به عنوان مثال فرض کنید که در بخش Inputs، ورودی دیجیتال ۳ (Input3) به Aux4 و Aux5 اختصاص داده شده باشد. همچنین تنظیم زمانی tAux4 Time Delay برابر ۱۰ ثانیه و تنظیم زمانی tAux5 Time Delay برابر ۲۰ ثانیه باشد. در این صورت اگر ولتاژ ترمینال ۱۹ و ۱۷ یا به عبارتی ورودی دیجیتال ۳ برقرار شود بعد از مدت ۱۰ ثانیه الارم tAux4 نشان داده می‌شود و اگر خروجی یا LED نیز به آن اختصاص داده شده باشد آن ها نیز روشن شده و تریپ می‌دهند. همین اتفاق برای tAux5 بعد از مدت ۲۰ ثانیه رخ می‌دهد.

INPUTS		
Input 1 (Part 1)	No	065F
Input 2 (Part 1)	SPEED SW	015F
Input 3 (Part 1)	No	0160
Input 4 (Part 1)	No	0161
Input 5 (Part 1)	No	0162
Input 6 (Part 1)	No	015E
Input 1 (Part 2)	52A	0660
Input 2 (Part 2)	No	0656
Input 3 (Part 2)	No	0657
Input 4 (Part 2)	No	0658
Input 5 (Part 2)	No	0659
Input 6 (Part 2)	No	0655
tAux1 Time Delay	0 s	01E5
tAux2 Time Delay	0 s	01E6
tAux3 Time Delay	0 s	01EA
tAux4 Time Delay	0 s	01EB
tAux5 Time Delay	0 s	0670
tAux6 Time Delay	0 s	0671
tAux7 Time Delay	0 s	0672
tAux8 Time Delay	0 s	0673
tAux9 Time Delay	0 s	0674
tAux10 Time Delay	0 s	0675

شکل ۲-۱۱. تنظیمات مربوط به اختصاص سیگنال‌ها به ورودی دیجیتال

۲-۳-۲- تنظیمات AUX OUTPUT RLY

رله HF2025 دارای ۵ خروجی دیجیتال است که همگی دارای کنتاکت‌های NC (normally close) و NO (Normally Open) می‌باشند. رله خروجی ۱ (RL1) رله تریپ اصلی است. اما رله های خروجی ۲ تا ۵ (RL2-5) همگی رله خروجی های جانبی هستند که می‌توان به آن‌ها یک یا حتی تمام سیگنال‌های داخلی و خارجی رله را اختصاص داد. اگر یکی از این سیگنال‌هایی که به رله اختصاص داده شدند، یک شود رله جانبی فعال شده (لاجیک OR) و تا وقتی که همه سیگنال‌های اختصاص داده شده غیرفعال نشوند، رله خارجی غیرفعال نمی‌شود. لیست سیگنال‌هایی که می‌شود به رله‌های خروجی ۲ تا ۵ اختصاص داد در شکل ۲-۱۲ نشان داده شده‌اند.

AUX OUTPUT RLY		
THERM OV.	No	0170
Therm ALARM	No	0171
Therm FORBID.START	No	0172
I>	No	014B
tI>	No	014C
I>>	No	0177
tI>>	No	0178
I>>>	No	014D
tI>>>	No	014E
I0>	No	0173
tI0>	No	0174
I0>>	No	0175
tI0>>	No	0176
tI2>	No	0179
tI2>>	No	017A
EXCESS LG START	No	017B
tIstall	No	017C
LOCKED ROTOR	Output 2	017D
tI<	No	017E
START NB LIMIT	No	017F
T BETW 2 START	No	0180
tRTD1 ALARM	No	0181
tRTD1 TRIP	No	0182
tRTD2 ALARM	No	0183
tRTD2 TRIP	No	0184
tRTD3 ALARM	No	0185
tRTD3 TRIP	No	0186
tRTD4 ALARM	No	0187
tRTD4 TRIP	No	0188
tRTD5 ALARM	No	0189
tRTD5 TRIP	No	018A

شکل ۲-۱۲. تنظیمات مربوط به اختصاص سیگنال‌ها به خروجی‌های ۲ تا ۵ (RL2-5)

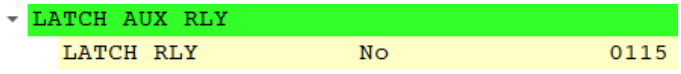
tRTD6 ALARM	No	018B
tRTD6 TRIP	No	018C
tRTD7 ALARM	No	0166
tRTD7 TRIP	No	0167
tRTD8 ALARM	No	0168
tRTD8 TRIP	No	0169
tRTD9 ALARM(Optional)	No	016A
tRTD9 TRIP(Optional)	No	016B
tRTD10 ALARM(Optional)	No	0158
tRTD10 TRIP(Optional)	No	0159
tAux1	No	018F
tAux2	No	0190
tAux3	No	019D
tAux4	No	019E
tAux5	No	0644
tAux6	No	0645
tAux7	No	0646
tAux8	No	0647
tAux9	No	0648
tAux10	No	0649
ABS	No	0163
tV<	No	016D
VOLTAGE DIP	No	016E
tV>	No	016F
BUS VOLTAGE	No	019F
CLOSE ORDER	No	0191
TRIP ORDER	No	0192
ORDER1	No	0193
ORDER2	No	0194
SUCCESS START	No	0195
tEQU.A	No	0196
tEQU.B	No	0197
tEQU.C	No	0198
tEQU.D	No	0199
tEQU.E	No	0640
tEQU.F	No	0641
tEQU.G	No	0642
tEQU.H	No	0643
CB OPEN TIME	No	019A
CB OPEN NB	No	019B
SAn	No	019C
CB FAIL	No	0164
TRIP CIRC.FAIL	No	0165
GROUP 2 ACTIVE	No	015D
AUTO RESTART	No	011D
INPUT 1	No	0126
INPUT 2	No	0127
INPUT 3	No	0128
INPUT 4	No	0129
INPUT 5	No	012A
INPUT 6	No	012B
RTD ERROR	No	01A0
Ie_d>	No	01A1
tIe_d>	No	01A2

ادامه شکل ۲-۱۲. تنظیمات مربوط به اختصاص سیگنال‌ها به خروجی‌های ۲ تا ۵ (RL2-5)

۲-۳-۳- تنظیمات LATCH AUX RLY

در این تنظیم همان طور که در شکل ۲-۱۳ مشاهده می‌شود، می‌توان رله‌های خروجی RL2-5 را در دو حالت عملکرد latch یا قطع خودکار (self-reset) تنظیم کرد. در حالت latch، اگر سیگنالی که به خروجی اختصاص داده شده باعث عملکرد رله خروجی شود، حتی پس از صفر شدن آن سیگنال خروجی همچنان قطع می‌ماند تا این که یکی از این اتفاقات زیر بیفتد:

- کاربر دکمه C یا همان CLEAR را فشار دهد.
- به کمک فعال کردن ورودی دیجیتالی که به EXT RESET اختصاص داده شده‌است
- از طریق ارسال فرمان acknowledge به کمک نرم افزار سارا در بخش supervisor
- با خاموش و روشن رله

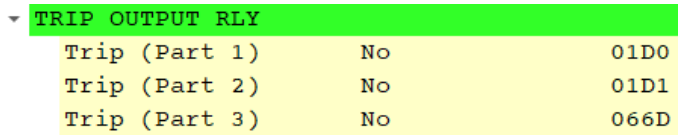


شکل ۲-۱۳. تنظیمات مربوط به latch خروجی‌های ۲ تا ۵ (RL2-5)

۲-۳-۴- تنظیمات TRIP OUTPUT RLY

از رله خروجی RL1 که رله تریپ اصلی است، برای فرمان دادن جهت قطع کلید اصلی مدار (CB) استفاده می‌شود. تعداد سیگنال‌های فراوانی می‌توانند باعث عملکرد RL1 شود که مطابق شکل ۲-۱۴، که این سیگنال‌ها در سه بخش مجزا می‌تواند به RL1 اختصاص داده شوند. اگر چه از لحاظ سخت افزاری با سایر رله‌های خروجی RL2-5 تفاوتی ندارد، اما بسیاری از واحدهای حفاظتی درون رله HF2025 وابسته به عملکردRL1 است. در زیر تنها از آن واحدها نام برده شده است اما در ادامه در این راهنما سعی شده‌است که توضیحات لازم درباره عملکرد هر کدام به خواننده ارائه شود:

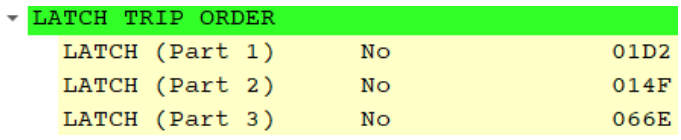
- واحد ثبت آمار دلایل ارسال فرمان قطع
- واحد ثبت جریان، ولتاژ و زمان خطا
- واحد latch کردن رله تریپ RL1
- واحد تشخیص خرابی CB (CB Fail)
- واحد نظارت بر مدار ارسال فرمان تریپ (Trip Circuit Supervision)
- واحد نظارت بر عملکرد CB (بر اساس جریان قطع و مدت زمان قطع کلید)
- واحد نمایش اطلاعات عملکرد CB (منوی CB Monitoring)
- واحد ثبت شکل موج های جریان و ولتاژ در زمان خطا



شکل ۲-۱۴. اختصاص سیگنال‌هایی که باعث عملکرد خروجی RL1 می‌شوند

۲-۳-۵- تنظیمات LATCH TRIP ORDER

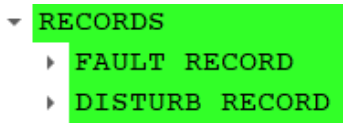
خروجی های RL2-5 بدون وابستگی به سیگنالی که باعث عملکردشان می‌شدند، می‌توانستند LATCH باشند یا نباشند. اما در خروجی RL1 می‌توان تنظیم کرد که به ازای بعضی سیگنال‌ها خروجی RL1، LATCH باشد ولی به ازای سایر سیگنال‌ها، به طور خودکار با صفر شدن سیگنال، خروجی نیز غیر فعال شود.این تنظیمات در شکل ۲-۱۵ نشان داده شده‌است.



شکل ۲-۱۵. انتخاب توابعی که باعث latch شدن خروجی RL1 می‌شوند

۲-۴- تنظیمات مربوط به ثبت و ذخیره داده‌ها

این بخش همانطور که در شکل ۲-۱۶ مشاهده می‌شود، شامل دو زیربخش اصلی است که به ۱- ثبت خطا و ۲- ثبت شکل موج‌های جریان، ولتاژ و سیگنال‌های مهم اختصاص دارد. تنظیمات هر بخش نیز در ادامه شرح داده می‌شوند.



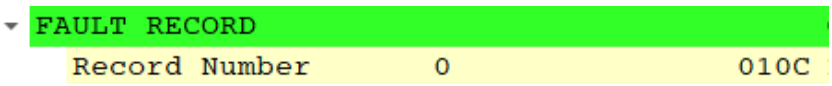
شکل ۲-۱۶. تنظیمات مربوط به ثبت و ذخیره داده‌ها

۲-۴-۱- ثبت داده‌های خطا FAULT RECORD

در منوی FAULT RECORD بر روی LCD می‌توان داده‌های مربوط به ۲۵ خطای آخر را مشاهده کرد. در هر خطا موارد زیر در رله ذخیره و قابل مشاهده هستند:

- شماره خطا
- زمان خطا
- تاریخ خطا
- گروه تنظیماتی فعال در زمان خطا
- فاز خطا

- تابعی که خطا را تشخیص داده است
- اندازه جریان یا ولتاژ خطا (مقدار ۵۰ هرتز منظور مقدار اندازه هارمونیک اصلی سیگنال است و نه true rms)
- اندازه جریان فازها (true rms)
- اندازه جریان نول (true rms)
- اندازه ولتاژ فاز به فاز VAC (true rms).



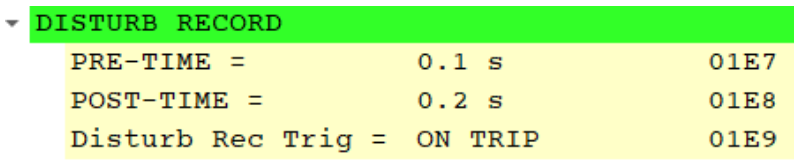
شکل ۲-۱۷. تنظیمات FAULT RECORD

۲-۴-۲- ثبت شکل موج جریان‌ها، ولتاژ خطا RECORD DISTURBANCE

رله HF2025 قادر است شکل موج پنج خطای آخر را ثبت و ذخیره کند. این داده ها شامل ثبت ۳۲ نمونه در هر سیکل شبکه برق ۵۰ هرتز (نمونه برداری ۱۶۰۰ هرتز) است. در هر خطا شکل موج جریان‌های سه فاز، جریان زمین، ولتاژ VAC، وضعیت ۶ ورودی دیجیتال، وضعیت کلیه خروجی ها به انضمام رله خروجی Watchdog، زمان و تاریخ وقوع خطا ثبت می‌شوند.

تنظیمات مورد نیاز مطابق شکل ۲-۱۸ به شرح زیر است:

- PRE-TIME: این تنظیم مدت زمان ذخیره شکل موج‌ها پیش از آن که فرمان ذخیره شکل موج به رله داده شود را تعیین می‌کند.
- POST-TIME: این تنظیم مدت زمان ذخیره شکل موج‌ها پس از آن که فرمان ذخیره شکل موج به رله داده شود را تعیین می‌کند.

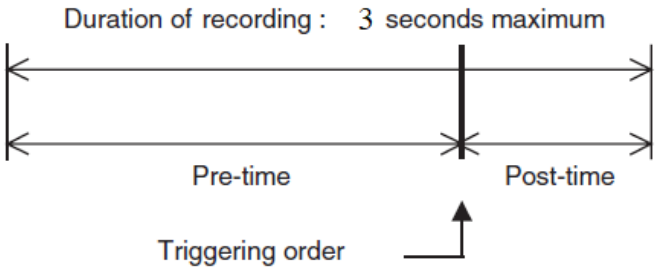


شکل ۲-۱۸. تنظیمات DISTURB RECORD

در نتیجه با توجه به توضیحات بالا و مطابق شکل ۲-۱۹، کل مدت ذخیره شکل موج‌ها بستگی به تنظیمات PRE-TIME و POST-TIME دارد. اما باید توجه داشت که در نهایت حداکثر مدت زمان ذخیره شکل موج نمی‌تواند بیش‌تر از ۳ ثانیه شود. اگر مجموع این دو تنظیم از ۳ ثانیه بیش تر شد، مقدار واقعی POST-TIME برابر با 3 sec - PRE-TIME خواهد شد.

- Disturb Rec Trig: این تنظیم دو گزینه دارد ۱- ON TRIP: که به ازای آن، فرمان ذخیره شکل موج همزمان با ارسال فرمان عملکرد به خروجی تریپ اصلی (RL1) ، صادر می‌شود. ۲- ON INST.

که به ازای آن، فرمان ذخیره شکل موج با عبور لحظه ای از حدود آنی توابع حفاظتی مانند (I>>) و حتی پیش از آن که کار به تریپ برسد صورت می‌گیرد.



شکل ۲-۱۹. نحوه‌ی تعیین مدت زمان ثبت شده در شکل موج ذخیره شده DISTURBANCE

۳- تشریح گروه تنظیمات حفاظتی PROTECTION G1-2

در این فصل به طور مختصر، آن دسته از توابع حفاظتی موجود در رله HF2025 شرح داده می‌شوند که در دو گروه تنظیمات حفاظتی جداگانه در بخش PROTECTION G1 و PROTECTION G2 قرار گرفته اند. این تنظیمات در این دو گروه کاملا مشابه یکدیگر هستند و به کاربر اجازه داده می‌شود که در هر لحظه، یکی از این گروه‌های حفاظتی را به شکل فعال در رله درآورد. این توابع حفاظتی با کد ANSI متناظرشان شامل موارد زیر می‌شوند که در شکل ۳-۱ قابل مشاهده‌اند:

۱. تنظیمات مشخصه راه‌اندازی موتور (START CRITERIA)،

۲. حفاظت اضافه بار حرارتی (THERMAL OVERLOAD [49])،

۳. حفاظت اضافه جریان فاز (PHASE OVERCURRENT [50/51])،

۴. حفاظت اضافه جریان زمین (EARTH FAULT [50N/51N])،

۵. حفاظت در برابر عدم تعادل بار (UNBALANCE [46])،

۶. حفاظت افت ولتاژ (UNDERVOLTAGE [27])،

۷. حفاظت اضافه ولتاژ (OVERVOLTAGE [59])،

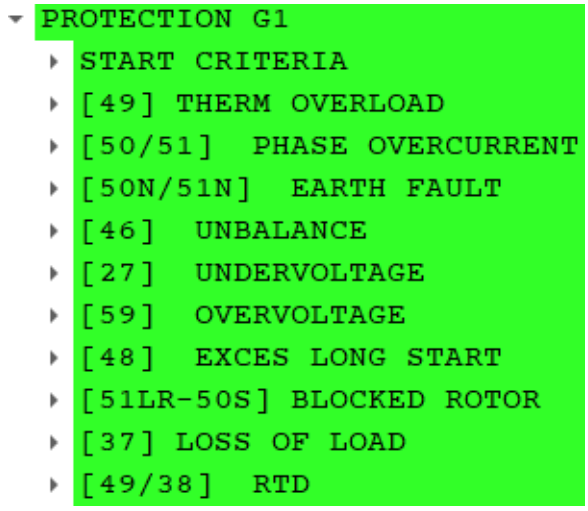
۸. حفاظت در برابر راه‌اندازی طولانی (EXCES LONG START [48])،

۹. حفاظت در برابر روتور قفل شدن موتور (BLOCKED ROTOR [51LR-50S])،

۱۰. حفاظت از کاهش بار یا حذف بار (LOSS OF LOAD [37]) و

۱۱. حفاظت در برابر افزایش دمای موتور (RTD [49/38]).

در ادامه به توضیح هر یک از این توابع حفاظتی پرداخته می‌شود:



شکل ۳-۱. تنظیمات توابع حفاظتی موجود در گروه تنظیمات حفاظتی

۳-۱- تنظیمات مشخصه راه‌اندازی موتور START CRITERIA

یک موتور القایی به روش های‌زیر می‌تواند راه‌اندازی شود:

۱- با اتصال مستقیم و بی واسطه به خط

۲- با روش ستاره مثلث

۳- به کمک یک اتو ترانسفورمر

۴- به کمک راه‌انداز نرم soft Starter

۵- با اضافه کردن مقاومت موقت خارجی

۶- و ...

برخی از این روش‌ها جریان و گشتاور راه‌اندازی را بسیار محدود می‌کنند. بسته به روش راه‌اندازی جریان راه‌اندازی تغییر می‌کند و حتی به صفر هم می‌تواند برسد (روش تغییر اتصال ستاره مثلث). در نتیجه بهتر است که کل این زمان را به عنوان زمان راه‌اندازی تلقی شود.

زمان راه‌اندازی به مشخصه بار و موتور وابسته است. به همین دلیل نمی‌توان صرفا از روی مشخصه موتور آن را تعیین کرد. به طور مختصر می‌توان گفت که زمان راه‌اندازی از رابطه ۳-۱ حاصل می‌شود:

$$t_{start} = J \times \frac{2\Pi N}{60} \times \frac{1}{T_{acc}}$$ رابطه ۳-۱

که در این رابطه t_{start} زمان راه‌اندازی، J ممان اینرسی مجموعه موتور و بار حول محور موتور برحسب kgm^2، N سرعت موتور بر حسب دور بر دقیقه و T_{acc} گشتاور متوسط راه‌اندازی است.

جریان راه‌اندازی موتور نیز به مشخصه موتور و روش راه‌اندازی (مستقیم یا نرم) بستگی دارد:

- در راه‌اندازی مستقیم که ۱۰۰٪ ولتاژ نامی به ترمینال‌های موتور می‌رسد، جریان راه‌اندازی موتور بسیار بزرگ است و گاهی به ۱۰ برابر جریان نامی نیز می‌رسد. به صورت متوسط این مقدار را ۵ برابر جریان نامی در نظر می‌گیرند.
- در راه‌اندازی نرم، جریان راه‌اندازی می‌تواند در حدود جریان نامی باشد. باید توجه داشت که در حالت شتاب گیری مجدد (Reacceleration) مثلا بعد از یک افت ولتاژ کوتاه، جریان شتاب‌گیری مجدد موتور تقریبا برابر با همان جریان راه‌اندازی موتور است که این مساله را باید در تنظیمات حفاظت اضافه جریان و حفاظت روتور قفل شده در نظر داشت.

اگر چه این زیربخش محتوای حفاظتی ندارد اما همانطور که در شکل ۳-۲ می‌بینید دارای دو تنظیم مهم است که در چندین توابع حفاظتی مورد استفاده قرار می‌گیرند؛ این تنظیمات مشخصه راه‌اندازی موتور را توصیف می‌کنند از این رو یک زیربخش جداگانه برای این دو تنظیم اختصاص داده شده‌است. این تنظیمات به شرح زیر هستند:

- Iutil: حداقل جریان راه‌اندازی موتور را بر حسب جریان نامی آن تعیین می‌کند. این تنظیم به طور معمول، دو برابر جریان نامی موتور تنظیم می‌شود.
- tIstart: حداکثر مدت زمان راه‌اندازی موتور را تعیین می‌کند. این آستانه در صورت موجود بودن دیتاشیت موتور، بر اساس آن تنظیم می‌شود در غیر این‌صورت مقدار آن باید برابر مدت زمان معمول برای حفاظت راه‌اندازی موتور باشد.

توابع حفاظتی اضافه بار حرارتی (THERMAL OVERLOAD [49]) و حفاظت در برابر راه‌اندازی طولانی (EXCES LONG START [48]) از هر دو تنظیم بالا ولی تابع حفاظت در برابر روتورقفل شدگی (BLOCKED ROTOR [51LR-50S]) تنها از تنظیم tIstart برای عملکرد حفاظتی خود استفاده می‌کند.

START CRITERIA		
Iutil	1 In	0241
tIstart	1 s	0242

شکل ۳-۲. تنظیمات مشخصه راه‌اندازی موتور

۳-۲- حفاظت اضافه بار حرارتی THERMAL OVERLOAD [49]

ساختار الکتریکی و فیزیکی موتور بسیار پیچیده است که این مساله باعث می‌شود که تشکیل یک مدل ریاضی برای مدل‌سازی حرارتی موتور بسیار پیچیده باشد. اما می‌توان انتقال حرارت در سیم پیچی موتور که اغلب آسیب موتور از این ناحیه است، تقریبا مدلسازی کرد. به عبارتی در حالتی که موتور با یک جریان ثابت گرم می‌شود تغییرات دمای موتور، مشابه شارژ خازنی است که به منبع ولتاژ ثابتی از طریق یک مقاومت متصل شده باشد. در این حالت، افزایش ولتاژ متناسب با درجه دوم جریان و ثابت زمانی حرارتی طبیعی برابر

ضرب ظرفیت خازن در مقاومت است. در نتیجه به طور مشابه، حفاظت اضافه بار حرارتی جهت برآورد دمایی موتور از این واقعیت استفاده می‌کند که دمای موتور متناسب با درجه دوم جریانی است که از شبکه می‌کشد.

از آن جایی مولفه‌های هارمونیکی جریان نیز سهم به سزایی در گرم شدن موتور دارند، حفاظت معادل حرارتی از مولفه True RMS جریان (I_{RMS}) استفاده می‌کند. همچنین مولفه ی توالی منفی جریانی که استاتور می‌کشد ($I_{negative}$)، منجر به تولید جریان های بزرگی با فرکانس دو برابر درون روتور می‌شود که به نوبه خود از مهم ترین عوامل گرم شدن سیم پیچی روتور هستند. جریان توالی منفی می‌تواند بر اثر بار نامتعادل، بروز خطای نامتعادل خارجی و از دست رفتن یک یا دو فاز از بار رخ دهد.

رله HF2025 بر اساس اندازه جریان و مولفه‌ی توالی منفی جریانی که موتور در طول زمان کارکرد خود می‌کشد و با در نظر گرفتن تاثیرات حرارتی این جریان‌ها بر روی استاتور و روتور، یک برآورد دمایی از موتور را به دست می‌آورد. جریان معادل حرارتی (I_{eq}) که باعث افزایش دمای موتور می‌شود و در این حفاظت استفاده می‌شود، از رابطه ۳-۲ به دست می‌آید:

$$I_{eq} = \sqrt{I_{RMS}^2 + Ke \times I_{negative}^2}$$ رابطه ۳-۲

پس از محاسبه جریان معادل حرارتی، پس از هر سیکل (۲۰ میلی ثانیه = t) معادل دمایی موتور در لحظه i+1 (θ_{i+1}) و از رابطه ۳-۳ تعیین می‌شود:

$$\theta_{i+1} = (\frac{I_{eq}}{Iflc >})^2(1+e^{\frac{-t}{T}}) + \theta_i \ e^{\frac{-t}{T}}$$ رابطه ۳-۳

در روابط بالا مقادیری استفاده شدند که قابل تنظیم هستند. این مقادیر که در شکل ۳-۳ نشان داده شده‌اند به شرح زیر می‌باشند:

[49] THERM OVERLOAD		
THERM OVERLOAD FUNCT ?	NO	0200
Therm INHIBIT ?	NO	0201
Iflc> =	0.5 In	0202
Ke	1	0203
Te1	180 mn	0204
Te2	2 mn	0205
Tr	999 mn	0206
RTD INFLUENCE	NO	0207
Therm ALARM ?	YES	0208
Therm Alarm =	20 %	0209
Therm FORBID START ?	NO	020A
Therm FORBID START	20 %	020B

شکل ۳-۳. تنظیمات حفاظت اضافه بار حرارتی

- Ke: ضریب تاثیرگذاری مولفه‌ی توالی منفی جریان

- Iflc>: آستانه جریان اضافه بار حرارتی، که از این جریان بزرگ تر باعث افزایش دمای موتور می‌شود.
- T: این تنظیمات در واقع ثابت زمانی موتور هستند که بر حسب شرایط کارکرد موتور، رله HF2025 در هر لحظه، از یکی از ثابت زمانی‌های زیر استفاده می‌کند:
  - ثابت زمانی حرارتی Te1: به ازای زمانی که جریان معادل حرارتی (I_{eq}) بین صفر تا دو برابر جریان Iflc> باشد و در واقع موتور به ازای باری کم تر از بار نامی، یا در بارنامی یا نهایتا در شرایط اضافه بار معقول در حال کار است.
  - ثابت زمانی راه‌اندازی Te2: به ازای زمانی که جریان معادل حرارتی (I_{eq}) بزرگ تر از دو برابر جریان Iflc> باشد و در واقع موتور در شرایط راه‌اندازی یا در وضعیت روتور قفل شدگی است.
  - ثابت زمانی خنک کنندگی Tr: به ازای زمانی که موتور خاموش است (لاجیکی که به 52A اختصاص داده شده باشد صفر باشد). در این شرایط موتور جریانی نمی‌کشد و مقدار معادل دمایی موتور (θ_{i+1}) با گذشت زمان بر اساس رابطه ۳-۴ کاهش می‌یابد:

رابطه ۳-۴

$$\theta_{i+1} = \theta_i \ e^{\frac{-t}{T}}$$

همچنین ظرفیت حرارتی استاتیک نیز بر حسب ظرفیت حرارتی نامی و به صورت درصد محاسبه می‌شود که از رابطه ۳-۵ تعیین می‌شود:

رابطه ۳-۵

$$I\ FLC = (\frac{I_{eq}}{Iflc>})^2 * 100\,\%$$

- THERMAL OVERLOAD FUNCT: این تنظیم، فعال بودن یا نبودن واحد حفاظت اضافه بار حرارتی را مشخص می‌کند. در صورت فعال بودن، هر زمان که مقدار معادل دمایی موتور (θ) بزرگ‌تر از ۱۰۰٪ شود تریپ این واحد صادر می‌شود. باید توجه کرد که:
  - با قطع تغذیه رله HF2025، مقدار معادل دمایی موتور (θ) در یک حافظه ماندگار باقی می‌ماند. اگر معادل دمایی موتور ذخیره شده، کم‌تر از ۹۰ درصد باشد، با روشن شدن مجدد رله، مقدار مقدار معادل دمایی جدید برابر با همان مقدار ذخیره شده می‌شود، ولی اگر بزرگ‌تر از ۹۰ درصد باشد، با روشن شدن مجدد رله، مقدار معادل دمایی جدید برابر با ۹۰ درصد می‌شود.
  - مقدار معادل دمایی موتور (θ) بر روی LCD در منوی PROCESS قابل مشاهده است.

- ? Therm ALARM: هدف از این تنظیم این است که به رله اجازه دهد در صورتی که مقدار معادل دمایی موتور (θ) از تنظیم Therm Alarm بیش‌تر شود سیگنال آلارمی تولید کند که کاربر با مشاهده آن، پیش از آن که به حد تریپ برسد، اقدامات پیشگیرانه را انجام دهد.
- = Therm ALARM: هدف از این تنظیم این است که به رله اجازه دهد در صورتی که مقدار معادل دمایی موتور (θ) از تنظیم Therm Alarm بیش‌تر شود سیگنال آلارمی تولید کند که کاربر با مشاهده آن، پیش از آن که به حد تریپ برسد، اقدامات پیشگیرانه را انجام دهد.
- RTD INFLUENCE: این تنظیم اجازه می‌دهد که تابع حفاظت اضافه بار حرارتی تحت تاثیر دمای محیط قرار گیرد. به عبارتی اگر دمای محیط بیش تر از ۴۰ درجه سانتی گراد شد، آستانه جریان مجاز حرارتی بر حسب جریان نامی باید کم تر شود. زیرا تنظیمی که در شرایط دمای طبیعی محیط، مناسب بود، با افزایش دمای محیط به بیش از ۴۰ درجه سانتی گراد دیگر نمی‌تواند قابل قبول نباشد.
  - به ازای دمای محیط کم تر از ۴۰ درجه سانتی گراد، تغییری در محاسبه معادل دمایی موتور (θ) حاصل نمی‌شود.
  - به ازای دمای محیط بین ۴۰ تا ۶۵ درجه سانتی گراد:

$$(Iflc >)_{new} = (Iflc >)_{old} * (1 - \frac{ambient\ temp - 40}{100})$$ رابطه ۳-۶

  - به ازای دمای محیط بیش‌تر از ۶۵ درجه:

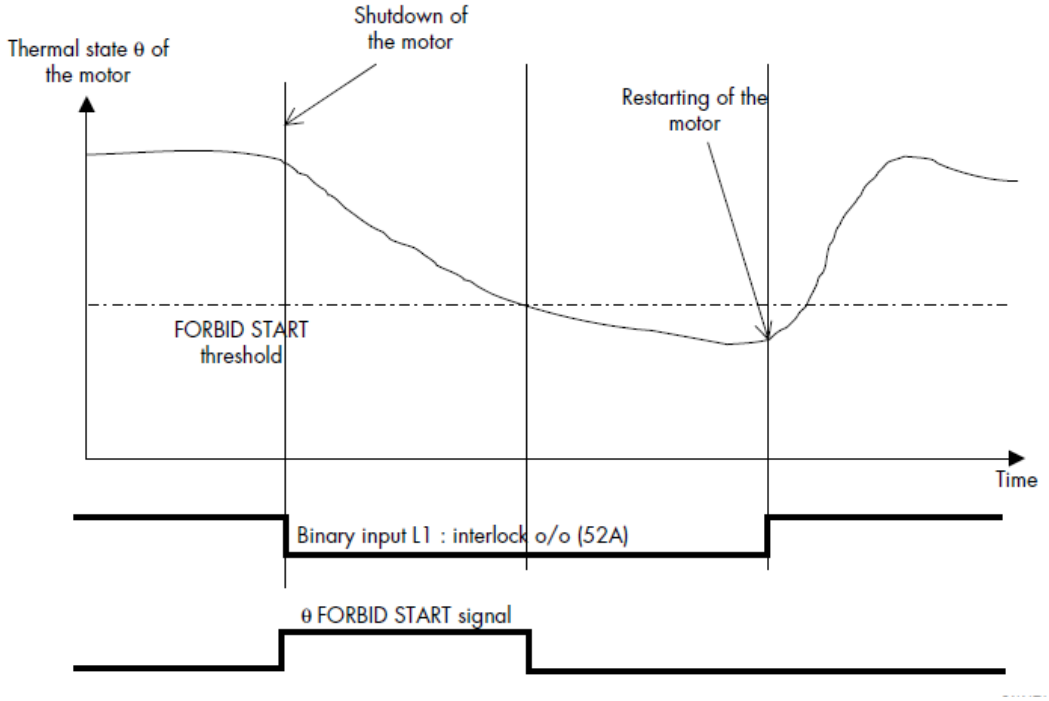
$$(Iflc >)_{new} = (Iflc >)_{old} * (0.75)$$ رابطه ۳-۷

  - باید توجه داشت که در این رابطه دمای محیط از روی RTD1 به دست می‌آید و به صورت ثابت این حفاظت مقدار دمای محیط را تنها از این ورودی می‌خواند.
  - کاربر می‌تواند از RTD1 همزمان برای حفاظت RTD نیز استفاده کند و هیچ مغایرتی ندارد.
  - جریان معادل حرارتی (I_{eq}) بین ۰ تا دو برابر جریان Iflc> باشد و در واقع موتور به ازای باری کم تر از بار نامی، یا در بارنامی یا نهایتا در شرایط اضافه بار معقول در حال کار است.
  - موتور به ازای باری کم تر از بار نامی، یا در بارنامی یا نهایتا در شرایط اضافه بار معقول، در حال کار است.
- Therm INHIBIT: این تنظیم برای این است که در زمان راه‌اندازی موتور مانع از عملکرد واحد اضافه بار حرارتی شود. وجود این تنظیم برای برخی از موتورها که مشخصه افزایش دمای آن‌ها در زمان راه‌اندازی با حالت روتور قفل شدگی کاملا تفاوت دارد، ضروری است. در صورت فعال بودن این تنظیم، با راه‌اندازی موتور و گذشت زمان tIstart، دوباره حفاظت اضافه بار حرارتی فعال می‌شود. در صورتی

که پس از اتمام تاخیر tIstart، جریان موتور از جریان Istart کم‌تر باشد، سیگنال Successful start فعال می‌شود.

- در صورت فعال بودن این تنظیم، مقدار معادل دمایی موتور (θ) که این واحد محاسبه می‌کند می تواند تا ۹۰ ٪ نیز افزایش یابد اما مقدار بزرگتر نمی‌گیرد. به عبارتی، به هیچ عنوان پیش از پایان tIstart، واحد اضافه بار حرارتی عملکرد نخواهد داشت.
- فعال بودن این تنظیم، مانع از تولید سیگنال الارم حرارتی نخواهد شد. همچنین ممانعتی برای عملکرد واحد Therm FORBID START نخواهد داشت.

- Therm FORBID START ? این تنظیم برای آن است که HF2025 بتواند با توجه به مقدار معادل دمایی موتور (θ)، از راه‌اندازی گرم موتور جلوگیری کند. به عبارتی در صورت فعال بودن این تنظیم، تا زمانی که مقدار معادل دمایی موتور (θ) از تنظیم Therm FORBID START بزرگ‌تر باشد، رله HF2025 به موتور اجازه راه‌اندازی را نمی‌دهد و تا خنک شدن موتور باید صبر کرد. سیگنال FORBID θ START وقتی فعال می‌شود که ۱- موتور در وضعیت خاموش باشد (ورودی 52A صفر باشد)، ۲- مقدار معادل دمایی موتور (θ) از تنظیم Therm FORBID START بزرگ‌تر باشد. شکل ۳-۴ نحوه‌ی عملکرد این سیگنال را نشان می‌دهد.
- Therm FORBID START اگر مقدار معادل دمایی موتور (θ) از این تنظیم بزرگ‌تر شود جلوی راه‌اندازی موتور گرفته می‌شود.



شکل ۳-۴. نحوه ی عملکرد سیگنال تنظیمات حفاظت اضافه بار حرارتی

۳-۳- حفاظت اضافه جریان فاز PHASE OVERCURRENT [50/51]

حفاظت اضافه جریان فاز دارای سه سطح حفاظتی I>، I>> و I>>> است. دو سطح ابتدایی (I>، I>>) قابل تنظیم هستند که یا به صورت زمان ثابت عمل کنند یا از روی منحنی زمان معکوس (IEC، IEEE/ANSI و RI) عملکرد داشته باشند. پارامترهای این منحنی ها در جدول ۳-۱ آمده است. اما سطح سوم (I>>>) تنها به صورت زمان ثابت عمل می‌کند.

در مجموع در رله HF2025، ۱۱ منحنی مشخصه IDMT (زمان معکوس) استاندارد موجود است که ۱۰ منحنی ابتدایی، تاخیر در زمان عملکرد بر حسب جریان عبوری را از رابطه ۳-۸ به دست می‌آورد:

$$t = T \times \left(\frac{K}{(I / I_s)^{\alpha} - 1} + L \right)$$ رابطه ۳-۸

که در آن t زمان عملکرد، I جریان عبوری از موتور، Is جریان تنظیمی و T ضریب ثابت TMS است و سایر پارامترها بسته به مشخصه IDMT در جدول ۳-۱ آورده شده‌اند:

جدول ۳-۱ پارامترهای مختلف در مشخصه‌های IDMT استاندارد

Type of Curve	**Standard**	**K Factor**	**α Factor**	**L Factor**
Standard inverse	IEC	0.14	0.02	0
Very inverse	IEC	13.5	1	0
Extremely inverse	IEC	80	2	0
Long time Inverse	IEC	120	1	0
Short time inverse	C02	0.02394	0.02	0.01694
Moderately Inverse	ANSI/IEEE	0.0515	0.02	0.114
Long time inverse	C08	5.95	2	0.18
Very inverse	ANSI/IEEE	19.61	2	0.491
Extremely inverse	ANSI/IEEE	28.2	2	0.1217
Rectifier protection	Rect	45900	5.6	0

منحنی ۱۱ یا منحنی RI نیز از رابطه ۳-۹ تعیین می‌شود:

$$t = K \times \left(\frac{1}{0.339 - \frac{0.236}{(I / I_s)}} \right)$$ رابطه ۳-۹

همچنین باید توجه داشت که

- کلیه منحنی های بالا به ازای $1.05\ I_s < I < 20\ I_s$ معتبر هستند و زمان عملکرد رله به ازای جریان های بزرگتر از Is 20، مشابه همان جریان I = 20 Is خواهد بود.
- تاخیر زمانی را می‌توان به صورت آنی (مثلا t I> = 0) نیز انتخاب کرد.

- در زمان وقوع اتصال کوتاه نزدیک موتور، موتور با تبدیل انرژی جنبشی خود به انرژی الکتریکی جریان خطا را تغذیه می‌کند. این جریان تزریقی برای مدت کوتاهی (چند صد میلی ثانیه) جاری است. البته برای موتورهای با اینرسی بالا تا چند ثانیه نیز گاها برقرار است. در لحظات ابتدایی خطا، این جریان تزریقی می‌تواند تا اندازه جریان راه‌اندازی نیز برسد. از این رو در محاسبه جریان‌های اتصال کوتاه در شبکه، حتما باید سهم موتور نیز در تغذیه جریان خطا لحاظ کرد. حضور موتور گاهی باعث می‌شود که در صد میلی ثانیه اول خطا، جریان به دو برابر جریان خطای بدون حضور موتور نیز برسد. از این رو حضور موتور باعث بازنگری در محاسبات تنظیمات آنی حفاظت‌های شبکه و میزان تحمل جریانی تجهیزات شبکه می‌شود.
- وقتی حفاظت اضافه جریان فاز فعال شود، حفاظت از موتور را در کلیه شرایط کارکرد موتور (چه در شرایط کارکرد عادی، موتور خاموش، در فاز راه‌اندازی و وضعیت روتور قفل شدگی) به عهده می‌گیرد. در نتیجه در انتخاب تنظیمات حفاظتی بسیار با دقت باید عمل شود.

با افزایش جریان از حد تعیین شده، تایمر خطا شروع به شمارش می‌کند تا این که زمان عملکرد برسد. در حفاظت دو سطح ابتدایی (I>، I>>) قابلیت حفظ تایمر (hold) نیز وجود دارد که با کاهش جریان بلافاصله تایمر خطا صفر نشود و کمی تاخیر داشته باشد. این قابلیت برای برخی کاربردهای حفاظتی بسیار مفید است مثلا برای زمانی که حفاظت‌های پایین دست از نوع رله‌های الکترومکانیکی است که به طور ذاتی ریست تاخیری دارند، به کمک این قابلیت هماهنگی لازم به وجود می‌آید.

فایده دیگر نیز برای کاربردهایی است که خطا به شکل دایمی نیست و خطا مدام قطع و وصل می‌شود که به کمک این قابلیت، این حفاظت زودتر عملکرد خواهد داشت. اگر این قابلیت وجود نداشت، خطاهای گذاری تکرار شونده باعث عملکرد رله نمی‌شدند مگر زمانی که تبدیل به خطای دایمی بشوند. این حالت بسیار آسیب زننده است.

مدت زمانی که برای ریست تایمر مورد نیاز است می‌تواند زمان ثابت یا از روی منحنی زمان معکوس به دست آید. منحنی زمان معکوس فقط برای پنج مشخصه IEEE/ANSI معتبر است که طبق رابطه ۳-۱۰ و جدول ۳-۲ مدت زمان تعیین می‌شود:

$$t = T \times \left(\frac{K}{1-(I / I_s)^{\alpha}} \right)$$ رابطه ۳-۱۰

جدول ۳-۲ پارامترهای مختلف در مشخصه‌های ریست تایمر در منحنی‌های IDMT استاندارد

Type of Curve	Standard	K Factor	α Factor
Short time inverse	C02	2.261	2
Moderately inverse	ANSI/IEEE	4.850	2
Long time inverse	C08	5.950	2
Very inverse	ANSI/IEEE	21.600	2
Extremely Inverse	ANSI/IEEE	29.100	2

تنظیمات حفاظت اضافه جریان فاز، در شکل ۳-۵ مشاهده می‌شود که در ادامه به توضیحات آن‌ها پرداخته می‌شود:

[50/51] PHASE OVERCURRENT		
I> FUNCTION ?	NO	020C
I>=	1 In	020D
Delay Type	DMT	020E
IDMT Curve	SI (IEC)	020F
tI> = (DMT)	0 s	0218
TMS (IDMT)	0.5	0216
K (RI)	0.1	0217
Reset Delay Type	DMT	0213
t Reset (DMT)	1 s	0215
RTMS (IDMT)	1	0214
INTERLOCK I>> I>>>	NO	022B
I>> FUNCTION ?	NO	0210
I>> =	1 In	0211
Delay Type	DMT	0219
IDMT Curve	EI (ANSI)	021A
tI>> = (DMT)	0 s	0212
TMS (IDMT)	0.447	021B
K (RI)	0.6	021C
Reset Delay Type	IDMT	021D
t Reset (DMT)	381.18 s	021F
RTMS (IDMT)	2.565	021E
I>>> FUNCTION ?	NO	022C
I>>> =	1.5 In	022D
tI>>> =	61.76 s	022E

شکل ۳-۵. تنظیمات حفاظت اضافه جریان فاز

- I> FUNCTION: مربوط به فعال بودن واحد حفاظتی است.
- I>=: تنظیم اضافه جریان (I_S) است. حفاظت اضافه جریان به ازای جریان‌های برابر یا بزرگتر از این تنظیم صورت می‌پذیرد.

- Delay Type: نوع منحنی استفاده شده برای حفاظت اضافه جریان را تعیین می‌کند. منحنی‌های موجود شامل منحنی‌های استاندارد IEC (STI, SI, VI, EI, LTI ، RC) ، منحنی‌های استاندارد ANSI (MI, VI, EI)، منحنی‌های CO2 (SEI) و CO8 (LTI) می‌شود. بسته به نوع منحنی انتخابی، تنظیمات متناظر آن قابل قبول است و سایر تنظیمات منحنی‌های دیگر فاقد ارزش هستند. این تنظیم دارای سه گزینه DMT (زمان ثابت)، IDMT (زمان معکوس) و RI است. اگر DMT زمان ثابت انتخاب شود فقط تنظیم tI> = (DMT) معتبر است ولی اگر RI انتخاب شود فقط تنظیم K (RI) معتبر می‌شود. در نهایت نیز اگر IDMT انتخاب شود ابتدا باید نوع منحنی مشخصه توسط تنظیم IDMT Curve تعیین شود؛ سپس تنظیم TMS (IDMT) ضریب زمانی ضرب شونده در منحنی مشخصه را باید تعیین کرد و سایر تنظیمات زمانی فاقد اعتبار می‌شوند.
- IDMT Curve: در صورتی که Delay Type از نوع IDMT باشد، به کمک این تنظیم، منحنی مشخصه‌های معرفی شده در جدول ۳-۱ تعیین می‌شود.
- tI> = (DMT): در صورتی که Delay Type از نوع DMT باشد، این تنظیم تاخیر زمان ثابت برای عملکرد رله به ازای جریان‌های بزرگ تر از I>= را تعیین می‌کند.
- TMS (IDMT): در صورتی که Delay Type از نوع IDMT باشد، به کمک این ضریب ثابت، زمان عملکرد این واحد حفاظت به ازای جریان‌های بزرگتر از 1.05 I>=، از روی منحنی مشخص شده در تنظیم IDMT Curve به دست می‌آید.
- K (RI): در صورتی که Delay Type از نوع RI باشد، به کمک این تنظیم، زمان عملکرد این واحد حفاظت به ازای جریان‌های بزرگتر از 1.05 I>=، به دست می‌آید.
- Reset Delay Type: به کمک این تنظیم، نوع منحنی استفاده شده برای ریست تایمر، به دست می‌آید. بسته به نوع منحنی انتخابی، تنظیمات متناظر آن قابل قبول است و سایر تنظیمات منحنی های دیگر فاقد ارزش هستند. این تنظیم دارای دو گزینه DMT (زمان ثابت) و IDMT (زمان معکوس) است. اگر DMT (زمان ثابت) انتخاب شود فقط تنظیم t Reset (DMT) معتبر است. ولی اگر IDMT انتخاب شود، از روی همان IDMT Curve نوع منحنی ریست هم تعیین می‌شود؛ اگر منحنی نیز جز پنج منحنی ریست دار طبق جدول ۳-۲ باشد، تنظیم RTMS (IDMT) ضریب زمانی ضرب شونده در منحنی ریست را تعیین می‌کند.
- t Reset (DMT): در صورتی که Reset Delay Type از نوع DMT باشد، این تنظیم، تاخیر زمان ثابت برای رست شمارنده عملکرد رله را تعیین می‌کند.

- RTMS (IDMT): در صورتی که ۱- Reset Delay Type از نوع IDMT باشد و ۲- Delay Type از انواع منحنی‌های موجود در جدول ۳-۲ (IEEE/ANSI یا COx) باشد، به کمک این تنظیم و مشخصه ریست منحنی مشخصه زمان ریست شدن تایمر تعیین می‌کند.
- INTERLOCK I>> I>>>: این تنظیم اجازه می‌دهد که اگر حفاظت‌های سطح دوم و یا سوم نیز خطا را تشخیص دادند، با توجه به زمان عملکرد سریع‌تر این حفاظت‌ها، حفاظت سطح اول بلاک شود و وظیفه حفاظت اضافه جریان به عهده سطوح بعدی بیفتد.

به دلیل شباهت تنظیمات سطح دوم و سوم به تنظیمات سطح اول، در این گزارش از تکرار پرهیز شده‌است و توضیحات آن‌ها آورده نشده‌است.

۳-۴- حفاظت اضافه جریان زمین EARTH FAULT [50N/51N]

این تابع حفاظتی از موتور در برابر خطای بین یک یا چند فاز و زمین حفاظت می‌کند. عملکرد این تابع حفاظتی به صورت اضافه جریان زمان ثابت می‌باشد.

خطاهای اتصال زمین یک جریان توالی صفر ایجاد می‌کنند. جریان توالی صفر می‌تواند به دو صورت اندازه‌گیری شود. ۱- به روش اندازه‌گیری مستقیم جریان توالی صفر با استفاده از Core balanced CT. ۲- در صورت استفاده از اتصال باقی‌مانده CT های سه فاز، می‌توان سر مشترک این CT ها را به ورودی نول پشت رله HF2025 وصل کرد. باید دقت کرد که در حالت دوم با توجه به حساسیت CT داخلی رله، جریان باقی‌مانده نباید بیشتر از In شود در غیر این صورت CT داخلی رله اشباع خواهد شد. شایان ذکر است که با توجه به دقت بیشتر اندازه‌گیری در حالت اول، پیشنهاد می‌شود از سربندی Core balance استفاده شود.

همانطور که در شکل ۳-۶ مشاهده می‌شود این تابع دارای دو سطح حفاظتی (I0>> و I0>) زمان ثابت است که براساس اندازه‌گیری مستقیم جریان نول توسط CT حساس داخلی (sensetive) عمل می‌کند. علاوه بر این در رله HF2025، قابلیت انجام این حفاظت به کمک محاسبه جریان زمین (Ie derived) نیز اضافه شده‌است. این جریان در داخل رله و با محاسبه مجموع جریان‌های سه فاز محاسبه می‌شود.

با توجه به اضافه شدن حفاظت Ie_derived خارج از حفاظت‌های موجود در رله‌های مشابه MiCOM P225، اگر از نرم افزار Easergy برای ریختن تنظیمات استفاده شود، این حفاظت قابل مشاهده نیست. از این رو بهتر است برای استفاده از این حفاظت خاص حتما از نرم افزار سارا استفاده شود.

تنظیمات این تابع حفاظتی عبارتند از:

- I0> FUNCTION: این تنظیم فعال بودن سطح اول این تابع حفاظتی را تعیین می‌کند.
- I0> =: سطح آستانه اول اضافه جریان اتصال زمین است.

- tI0> =: اگر مقدار جریان نول اندازه‌گیری شده برای مدتی بیش‌تر از این تاخیر زمانی از جریان حد آستانه I0> بزرگتر شود رله تشخیص خطای اتصال زمین خواهد داد.

تنظیمات حفاظت سطح دوم مشابه سطح اول است و از تکرار آن پرهیز شده‌است.

- Ie_d> FUNCTION: فعال بودن تابع حفاظتی اضافه جریان اتصال زمین بر اساس محاسبه مجموع جریان سه فاز را مشخص می‌کند.
- Ie_d> =: سطح آستانه تابع اتصال زمین بر اساس محاسبه مجموع جریان سه فاز را تعیین می‌کند.
- tIe_d> =: اگر جریان محاسبه شده از مجموع جریان سه فاز برای مدتی بیش‌تر از این تاخیر زمانی، از جریان حد آستانه Ie_d> بزرگتر شود رله خطای اتصال زمین را تشخیص خواهد داد.

[50N/51N] EARTH FAULT		
I0> FUNCTION ?	NO	0220
I0> =	0.8 Ien	0221
tI0> =	0 s	0222
I0>> FUNCTION ?	NO	0223
I0>> =	0.002 Ien	0224
tI0>> =	0 s	0225
Ie_d> FUNCTION ?	NO	0226
Ie_d > =	1 In	0227
tIe_d> =	100 s	0228

شکل ۳-۶. تنظیمات حفاظت اضافه جریان زمین

۳-۵- حفاظت در برابر عدم تعادل بار UNBALANCE [46]

این تابع حفاظتی از موتور در شرایط عدم تعادل، وارونگی فاز و قطع شدگی فاز حفاظت می‌کند. عملکرد این تابع بر اساس اندازه‌گیری مولفه توالی منفی جریان موتور است.

تابع حفاظتی عدم تعادل دارای دو سطح حفاظتی (I2>> و I2>) می‌باشد. سطح اول با منحنی مشخصه زمان ثابت و سطح دوم با منحنی مشخصه زمان معکوس عمل می‌کند. همانطور که در شکل ۳-۷ مشاهده می‌شود تنظیمات تابع حفاظتی عدم تعادل عبارتند از:

- I2> FUNCTION: این تنظیم فعال بودن سطح اول تابع حفاظتی را تعیین می‌کند.
- I2> =: این تنظیم سطح آستانه اول حفاظت در برابر عدم تعادل بار می‌باشد. کاربر می‌تواند از آستانه I2> برای تشخیص وارونگی یا از دست دادن یک فاز یا برای دادن هشدار عدم تعادل استفاده کند.

- tI2>: اگر مقدار توالی منفی جریان موتور برای مدتی بیش‌تر از این تاخیر زمانی از سطح آستانه I2> بیشتر شود رله تشخیص عدم تعادل خواهد داد. این سطح از تابع عدم تعادل به صورت زمان ثابت عمل می‌کند.
- FUNCTION I2>> فعال بودن سطح دوم این تابع حفاظتی را تعیین می‌کند.
- I2>>: سطح آستانه دوم حفاظت در برابر عدم تعادل بار می‌باشد. آستانه I2>> دارای یک مشخصه زمانی معکوس است که آن را قادر می‌سازد تا به عدم تعادل‌های لحظه‌ای کوچک اجازه عبور دهد در حالی که عدم تعادل‌های قابل توجه سریع‌تر شناسایی می‌شوند. این مشخصه زمان معکوس اجازه پاکسازی خطاهای دو فاز خارجی را می‌دهد.
- TMS I2>>: سطح دوم تابع حفاظتی عدم تعادل به صورت زمان معکوس عمل می‌کند، که رابطه زمان معکوس آن به صورت رابطه ۳-۱۱ می‌باشد. همانطور که در این رابطه مشاهده می‌شود TMS به صورت ضریب ثابت تاخیر زمانی سطح آستانه دوم تابع حفاظتی عدم تعادل عمل می‌کند.

$$t = TMS \times \frac{1.2}{\frac{I_2}{I_n}}$$

رابطه ۳-۱۱

[46] UNBALANCE		
I2> FUNCTION	NO	0230
I2> =	0.8 In	0231
tI2> =	0 s	0232
I2>> FUNCTION	NO	0233
I2>> =	0.4 In	0234
TMS I2>> =	0.2	022F

شکل ۳-۷. تنظیمات حفاظت در برابر عدم تعادل بار

۳-۶- حفاظت افت ولتاژ UNDERVOLTAGE [27]

تابع حفاظت افت ولتاژ می‌تواند افت ولتاژ موتور را با استفاده از اندازه‌گیری ولتاژ خط (ولتاژ بین فازهای A و C) تشخیص دهد. عملکرد این تابع به صورت زمان ثابت می‌باشد.

حتی در صورت فعال بودن حفاظت افت ولتاژ، این حفاظت در دو زمان غیرفعال خواهد شد:

۱) در زمان راه‌اندازی موتور (در صورتی که تنظیم INHIB V< فعال باشد)
۲) در زمان توقف و خاموش بودن موتور (زمانی که ورودی دیجیتال 52A غیرفعال باشد)

همانطور که در شکل ۳-۸ مشاهده می‌شود تنظیمات تابع حفاظتی افت ولتاژ عبارتند از:

- FUNCTION V<: این تنظیم فعال بودن این تابع حفاظتی را تعیین می‌کند.

- V<: این تنظیم ولتاژ سطح آستانه افت ولتاژ را تعیین می‌کند.
- tV<: اگر مقدار ولتاژ خط اندازه‌گیری شده برای مدتی بیش‌تر از این تاخیر زمانی، از ولتاژ تنظیمی سطح آستانه V< کمتر شود رله افت ولتاژ را تشخیص خواهد داد. این تابع به صورت زمان ثابت عمل می‌کند.
- INHIB V<: در صورت فعال بودن این تنظیم، تابع حفاظتی افت ولتاژ در زمان راه‌اندازی موتور غیرفعال خواهد شد.

[27] UNDERVOLTAGE		
V< FUNCTION ?	NO	0235
V< =	130 V	0236
tV< =	600 s	0237
INHIB V< ?	YES	0238

شکل ۳-۸. تنظیمات حفاظت افت ولتاژ

۳-۷- حفاظت اضافه ولتاژ [59] OVERVOLTAGE

تابع حفاظتی اضافه ولتاژ می‌تواند اضافه ولتاژ موتور را با استفاده از اندازه‌گیری ولتاژ خط (ولتاژ بین فازهای A و C) تشخیص دهد. عملکرد این تابع به صورت زمان ثابت می‌باشد. همانطور که در شکل ۳-۹ مشاهده می‌شود تنظیمات تابع حفاظتی اضافه ولتاژ عبارتند از:

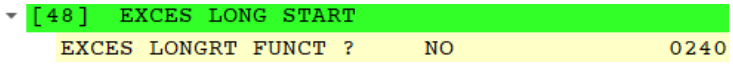
- V> FUNCTION: این تنظیم فعال بودن این تابع حفاظتی را تعیین می‌کند.
- V>: سطح آستانه اضافه ولتاژ را تعیین می‌کند.
- tV>: اگر مقدار ولتاژ خط اندازه‌گیری شده برای مدتی بیش‌تر از این تاخیر زمانی تنظیم از ولتاژ تنظیمی سطح آستانه V> بیشتر شود رله تشخیص اضافه ولتاژ خواهد داد. این تابع به صورت زمان ثابت عمل می‌کند.

[59] OVERVOLTAGE		
V> FUNCTION ?	NO	023D
V> =	10 V	023E
tV> =	0 s	023F

شکل ۳-۹. تنظیمات حفاظت اضافه ولتاژ

۳-۸- حفاظت در برابر راه‌اندازی طولانی [48] EXCES LONG START

این حفاظت از موتور در برابر جریان راه‌اندازی بزرگ و طولانی حفاظت می‌کند. تنظیمات این حفاظت در همان زیربخش مشخصه راه‌اندازی صورت می‌گیرد و شامل (Iutil) حداقل جریان راه‌اندازی موتور و (tIstart) حداکثر مدت زمانی که راه‌اندازی موتور است. پیش تر توضیح داده شد که چون این تنظیمات در بسیاری از حفاظت‌های دیگر کاربرد دارند در زیربخش جدا آورده شده‌اند. در این زیر بخش فقط فعال بودن این حفاظت تعیین می‌گردد که مطابق شکل ۳-۱۰ به شرح زیر است:

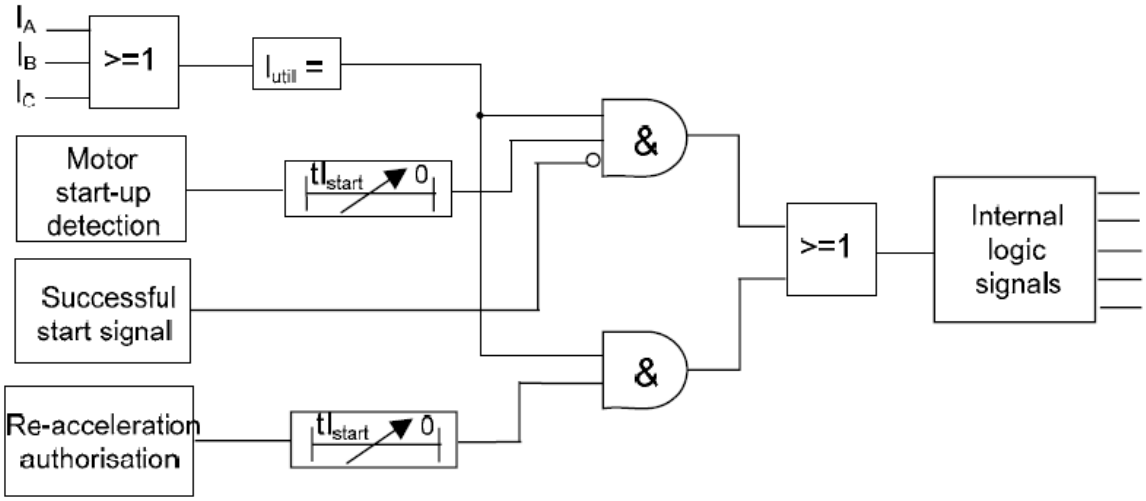


شکل ۳-۱۰. تنظیم فعال کردن حفاظت در برابر راه‌اندازی طولانی

این حفاظت به محض تشخیص راه‌اندازی (وصل شدن ورودی دیجیتال 52A و یا به همراه عبور از جریان راه‌اندازی بسته به تنظیم مربوطه) و شروع تایمر tIstart فعال می‌شود و با پایان یافتن این زمان غیر فعال می‌شود. شکل ۳-۱۱ بلوک دیاگرام عملکرد این حفاظت را نشان می‌دهد.

سیگنال Successful Start پس از طی زمان tIstart و به شرط این که توابع حفاظتی عملکردی نداشته باشند، یک می‌شود و یک باقی می‌ماند تا موتور خاموش شود.

نکته: در حالت عملکرد عادی موتور، و زمانی که اجازه شتاب گیری مجدد به رله داده شده باشد (مثلا شتاب گیری مجدد موتور پس از وقوع افت ولتاژ لحظه ای) تابع حفاظت در برابر راه‌اندازی طولانی، بدون تشخیص راه‌اندازی می‌تواند مجددا فعال شود.



شکل ۳-۱۱. بلوک دیاگرام حفاظت در برابر راه‌اندازی طولانی

۳-۹- حفاظت در برابر روتور قفل شدن موتور [51LR-50S] BLOCKED ROTOR

این تابع حفاظتی در دو شرایط کارکرد موتور عملکرد خواهد داشت:

۱) قفل شدن روتور در شرایط کارکرد عادی موتور (Stall).

۲) قفل شدن روتور در زمان راه‌اندازی موتور (Lock rotor at start)

تنظیمات این تابع حفاظتی در شکل ۳-۱۲ مشاهده می‌شود که در ادامه توضیح داده خواهند شد.

[51LR-50S] BLOCKED ROTOR		
BLOCKED ROTOR FUNCTION ?	YES	0244
tIstall =	0.5 s	0245
STALLED ROTOR ?	YES	0246
Istall DETECTION =	1 In	0247
LOCKED ROTOR AT START ?	Power Factor	0248
PowerFactor setting	0.5	0249

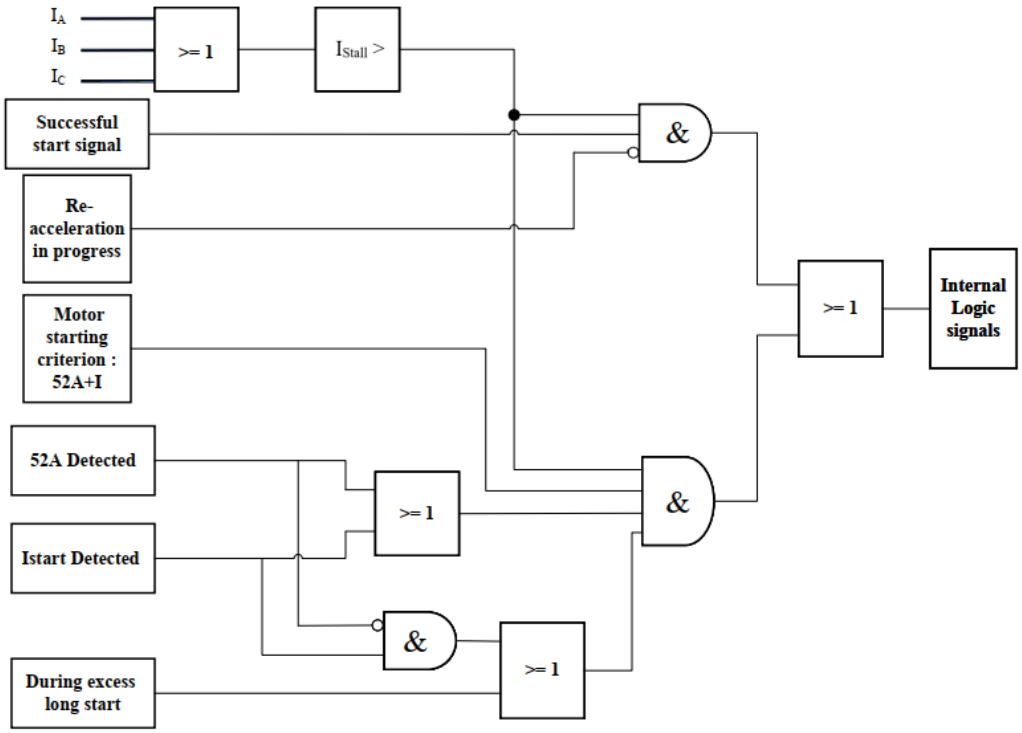
شکل ۳-۱۲. تنظیمات حفاظتی در برابر روتور قفل شدگی

۳-۹-۱- قفل شدن روتور در شرایط کارکرد عادی موتور (Stall)

این حفاظت، قفل شدن روتور را در زمان کارکرد عادی موتور را تشخیص می‌دهد و پس از اتمام زمان راه‌اندازی موتور فعال می‌شود. (پس از اتمام زمان tIstart که در بخش ۳-۱۰- START CRITERIA توضیح داده شده‌است)

در شکل ۳-۱۳ بلوک دیاگرام عملکرد این تابع مشاهده می‌شود. این تابع اضافه جریان ناشی از قفل شدن روتور را تشخیص می‌دهد. همانطور که در شکل ۳-۱۲ مشاهده می‌شود تنظیمات مرتبط با این تابع حفاظتی عبارتند از:

- BLOCKED ROTOR FUNCTION: این تظیم فعال بودن حفاظت در برابر روتورقفل شدگی را تعیین می‌کند.
- tIstall: اگر در شرایط کارکرد عادی موتور مقدار جریان یکی از فازها برای مدتی بیش‌تر از این تاخیر زمانی از سطح آستانه جریانی Istall فراتر رود رله تریپ خواهد داد.
- STALLED ROTOR: این تنظیم فعال بودن واحد تشخیص قفل روتور در شرایط کارکرد موتور را مشخص می‌کند.
- Istall DETECTION: درصورتی که جریان فاز (حداقل یکی از فازها) برای مدت زمانی بیشتر از تنظیم زمانی tIstall از حد آستانه Istall فراتر رود، این تابع فرمان تریپ می‌دهد زیرا روتور در شرایط کارکرد عادی موتور قفل شده‌است. این تنظیم بر حسب جریان نامی است.



شکل ۳-۱۳. بلوک دیاگرام عملکرد تابع حفاظتی Rotor stalled whilst the motor running

در زمان شتاب گیری مجدد در صورت مجاز بودن آن، این حفاظت به مدت tIstart غیر فعال می‌شود.

۳-۹-۲- قفل شدن روتور در حین راه‌اندازی (با استفاده از speed switch)

این حفاظت (Locked rotor at Start)، قفل شدن روتور در هنگام راه‌اندازی را تشخیص می‌دهد و فقط در زمان راه‌اندازی موتور فعال می‌باشد و پس از گذشت زمانی معادل تاخیر زمانی راه‌اندازی (tIstart) از لحظه تشخیص راه‌اندازی موتور، این حفاظت غیر فعال می‌شود.

برای عملکرد این تابع ضروری است که یکی از ورودی‌های دیجیتال (در زیر منوی INPUTS در تنظیمات AUTOMA. CTRL) بر روی سیگنال SPEED SW تنظیم شده باشد.

با تشخیص راه‌اندازی موتور، این تابع حفاظتی فعال می شود. پس از طی زمانی معادل تاخیر زمانی tIstall، ورودی دیجیتال تنظیم شده روی SPEED SW باید در حالت منطقی یک باشد تا نشان دهد که سرعت موتور صفر نیست. در صورتی که این ورودی دیجیتال در حالت منطقی صفر (سرعت صفر) باشد به این معنی است که روتور قفل شده است، بنابراین رله، سیگنال قفل روتور در زمان راه‌اندازی را تولید می‌کند. دقت شود که اگر از هر سنسور تشخیص حرکتی نیز استفاده شود می‌بایست با تشخیص دور گرفتن موتور سیگنال یک تولید کند و با توقف آن سیگنال صفر شود. بر عکس آن مجاز نیست.

۳-۹-۳- قفل شدن روتور در حین راه‌اندازی (با استفاده از ضریب توان)

در حالت‌های زیر می‌توان از ضریب توان به جای ورودی دیجیتال Speed Switch برای تشخیص قفل روتور در زمان راه‌اندازی موتور استفاده کرد.

- موتور هایی که زمان راه‌اندازی کمتری از زمان قفل روتور داشته باشند.

- موتورهایی که راه‌اندازی آن‌ها به روش کاهش ولتاژ صورت میگیرد.

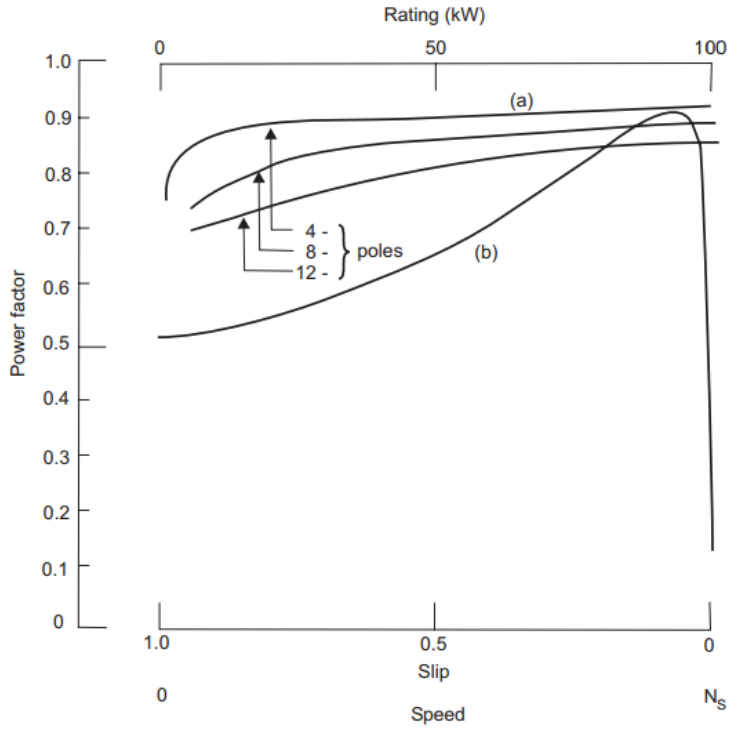
- موتورهایی که زمان راه‌اندازی ان ها بزرگتر از زمان قفل شدن روتور باشند. (برای موتورهای با اینرسی بالا).

موتورهایی که زمان راه‌اندازی واقعی آن‌ها کوتاه‌تر از زمان قفل روتور آن‌ها است، می‌توانند در هنگام راه‌اندازی بدون کمک Speed Switch، در برابر شرایط قفل روتور محافظت شوند. برای چنین مواردی، تنظیم کوتاه‌تر زمان tIstart نسبت به زمان tIstall موتور، اجازه می‌دهد تا محافظت کارآمدی در برابر راه‌اندازی بیش از حد طولانی و قفل شدن روتور در شرایط راه‌اندازی (locked rotor a tstart) ایجاد شود.

برای حل مسایل مربوط به موارد دوم و سوم می‌توان به جای استفاده از ورودی دیجیتال تشخیص ولتاژ، از اندازه ضریب توان استفاده کرد. همچنین به جای استفاده از ورودی دیجیتال Speed Switch با استفاده از رابطه بین لغزش و ضریب توان، سرعت موتور را برآورد کرد.

ضریب توان موتورهای با یک ظرفیت یکسان، به ازای افزایش تعداد قطب ها کاهش می‌یابد. به طور مشابه لغزش موتور با رسیدن به وضعیت روتور قفل شده افزایش می‌یابد. به طور مثال، برای موتوری که روتور آن قفل شده، لغزش برابر ۱ است.

شکل ۳-۱۴ نمودار رابطه ضریب توان با لغزش موتور را برای موتوری نشان می‌دهد که در لغزش ۱، ضریب توان آن برابر ۰٫۵ است. با استفاده از این نمودار می‌توان رله را تنظیم کرد. برای تفکیک شرایط عملکرد عادی و روتور قفل شده تنها یک تنظیم Power Factor setting کافی است.



شکل ۳-۱۴. منحنی مشخه رابطه ضریب توان و لغزش موتور نمونه

در پایان تاخیر زمانی tIstall پس از شروع راه‌اندازی موتور در صورتی که Power Factor موتور کوچکتر از حد آستانه Power Factor setting باشد، رله سیگنال قفل روتور در زمان راه‌اندازی را تولید خواهد کرد.

همانطور که در شکل ۳-۱۲ مشاهده می‌شود تنظیمات مرتبط با حفاظت در برابر قفل شدگی روتور در زمان راه‌اندازی عبارتند از:

- تنظیم LOCKED ROTOR AT START سه گزینه دارد:

۱) NO: در صورت انتخاب این گزینه، تشخیص قفل شدن روتور در زمان راه‌اندازی موتور غیرفعال خواهد شد.

۲) Input (Speed Switch): در صورت انتخاب این گزینه تشخیص قفل شدن روتور در زمان راه‌اندازی موتور با استفاده از ورودی دیجیتال Speed Switch انجام خواهد شد. در پایان تاخیر زمانی tIstall پس از شروع راه‌اندازی موتور در صورت صفر بودن این ورودی دیجیتال که از خروجی سنسور تشخیص سرعت موتور به رله وصل شده است رله سیگنال قفل شدن روتور در زمان راه‌اندازی را تولید خواهد کرد.

۳) Power Factor: در صورت انتخاب این گزینه تشخیص قفل شدن روتور در زمان راه-اندازی موتور با استفاده محاسبه ضریب توان موتور انجام خواهد شد. در پایان تاخیر زمانی tIstall پس از شروع راه‌اندازی موتور در صورتی که ضریب توان موتور کوچکتر از حد آستانه

Power Factor setting باشد، رله سیگنال قفل روتور در زمان راه‌اندازی را تولید خواهد کرد.

- Power Factor setting: در صورتی که در تنظیم LOCKED ROTOR AT START گزینه power factor انتخاب شده باشد، اگر در پایان تاخیر زمانی tIstall پس از شروع راه‌اندازی موتور ضریب توان موتور کوچکتر از حد آستانه Power Factor setting باشد، رله سیگنال قفل روتور در زمان راه‌اندازی را تولید خواهد کرد.

۳-۱۰- حفاظت کاهش بار یا حذف بار LOSS OF LOAD [37]

تابع حفاظتی LOSS OF LOAD می‌تواند از دست رفتن بار را تشخیص دهد. همانطور که در شکل ۳-۱۵ مشاهده می‌شود تنظیمات تابع حفاظتی LOSS OF LOAD عبارتند از:

- I< FUNCTION: این تنظیم فعال بودن این تابع حفاظتی را تعیین می‌کند.
- I< = : سطح آستانه ای که به ازای جریان‌های کوچک تر از آن، این حفاظت عمل می‌کند.
- tI< =: اگر مقدار جریان یکی از فازها برای مدتی بیش‌تر از این تاخیر زمانی از جریان تنظیمی سطح آستانه I< کمتر شود رله تریپ خواهد داد.
- Tinhib: تاخیر زمانی در شروع راه‌اندازی موتور می‌باشد ک هبه ازای این زمان از شروع راه‌اندازی موتور، این تابع حفاظتی غیر فعال شده و پس از طی زمانی معادل این تنظیم دوباره فعال می‌شود. بدین صورت امکان راه‌اندازی موتور با روش هایی که منجر به عبور جریان های کوچک می‌شوند نیز میسر می‌شود.

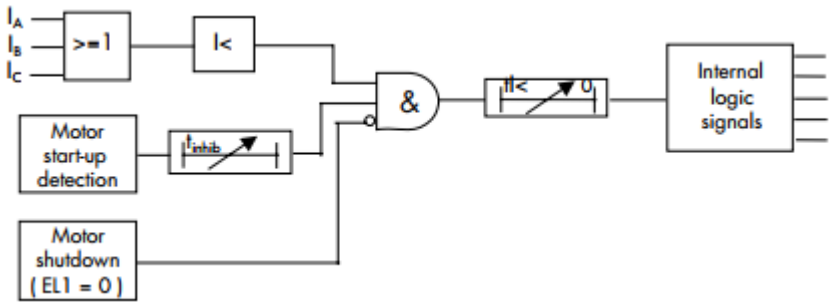
[37] LOSS OF LOAD		
I< FUNCTION ?	NO	0250
I< =	0.1 In	0251
tI< =	0.2 s	0252
Tinhib	0.05 s	0253

شکل ۳-۱۵. تنظیمات حفاظت کاهش بار

همانطورکه در شکل ۳-۱۶ مشاهده می‌شود این تابع حفاظتی در دو حالت غیرفعال می‌شود:

۱) زمانی‌که موتور در حین راه‌اندازی باشد. در این شرایط این تابع حفاظتی تا انتهای مدت زمان Tinhib غیرفعال خواهد شد و پس از اتمام این زمان مجدد فعال خواهد شد.

۲) در شرایطی که موتور خاموش باشد. (ورودی 52A غیرفعال باشد)



شکل ۳-۱۶. ساختار عملکرد حفاظت کاهش بار

۳-۱۱- حفاظت در برابر افزایش دمای موتور RTD [49/38]

تابع حفاظتی RTD، برای تشخیص افزایش دمای غیرعادی موتور با پایش و نظارت سنسورهای دمایی RTD کاربرد دارد. رله HF2025 این کار را با نظارت بر ۸ سنسور RTD انجام می‌دهد، که RTD ها می‌توانند یکی از ۴ نوع زیر باشند که در منوی CONFIGURATION قابل تنظیم است:

۱) PT100، ۲) Ni120، ۳) Ni100 و ۴) CU10.

نکته: باید توجه داشت که تمامی RTDهای استفاده شده باید از یک نوع باشند.

همانطور که در شکل ۳-۱۷ مشاهده می‌شود تنظیمات تابع حفاظتی RTD عبارتند از:

- RTDX FUNCTION: این تنظیم فعال بودن تابع حفاظتی را تعیین می‌کند.
- RTDX ALARM: این تنظیم سطح آستانه دمایی برای صدور الارم را تعیین می‌کند.
- t RTDX ALARM: اگر مقدار دمای اندازه‌گیری شده توسط RTDX برای مدتی بیش‌تر از این تنظیم زمانی بزرگتر از سطح آستانه RTDX ALARM باشد رله آلارم خواهد داد.
- RTDX TRIP: این تنظیم تعیین کننده سطح آستانه دمایی برای صدور تریپ می‌باشد.
- t RTDX TRIP: اگر مقدار دمای اندازه‌گیری شده توسط RTDX برای مدتی بیش‌تر از این تنظیم زمانی بزرگتر از سطح آستانه RTDX TRIP باشد رله تریپ خواهد داد.

[49/38] RTD		
RTD1 FUNCTION ?	NO	0260
RTD1 ALARM=	0 ℃	0261
t RTD1 ALARM =	0 s	0262
RTD1 TRIP	0 ℃	0263
t RTD1 TRIP	0 s	0264
RTD2 FUNCTION ?	NO	0265
RTD2 ALARM=	0 ℃	0266
t RTD2 ALARM =	0 s	0267
RTD2 TRIP	0 ℃	0268
t RTD2 TRIP	0 s	0269
RTD3 FUNCTION ?	NO	026A
RTD3 ALARM=	0 ℃	026B
t RTD3 ALARM =	0 s	026C
RTD3 TRIP	0 ℃	026D
t RTD3 TRIP	0 s	026E
RTD4 FUNCTION ?	NO	026F
RTD4 ALARM=	0 ℃	0270
t RTD4 ALARM =	0 s	0271
RTD4 TRIP	0 ℃	0272
t RTD4 TRIP	0 s	0273
RTD5 FUNCTION ?	NO	0274
RTD5 ALARM=	0 ℃	0275
t RTD5 ALARM =	0 s	0276
RTD5 TRIP	0 ℃	0277
t RTD5 TRIP	0 s	0278
RTD6 FUNCTION ?	NO	0279
RTD6 ALARM=	0 ℃	027A
t RTD6 ALARM =	0 s	027B
RTD6 TRIP	0 ℃	027C
t RTD6 TRIP	0 s	027D
RTD7 FUNCTION ?	NO	0284
RTD7 ALARM=	0 ℃	0285
t RTD7 ALARM =	0 s	0286
RTD7 TRIP	0 ℃	0287
t RTD7 TRIP	0 s	0288
RTD8 FUNCTION ?	NO	0289
RTD8 ALARM=	0 ℃	028A
t RTD8 ALARM =	0 s	028B
RTD8 TRIP	0 ℃	028C
t RTD8 TRIP	0 s	028D

شکل ۳-۱۷. بخش‌های تنظیمات تابع حفاظتی RTD

رله HF2025 به صورت پیوسته بر صحت عملکرد RTD ها نظارت می‌کند و می‌تواند در دو حالت الارم HARDWARE ALARM را صادر کند:

۱) زمانی‌که سیم بندی RTD مدار باز شود.
۲) زمانی‌که سیم بندی RTD اتصال کوتاه شود.

اگر خطای عملکرد هر کدام از RTD ها تشخیص داده شود، رله علاوه بر اینکه آلارم HARDWARE ALARM را صادر می‌کند عملکرد تابع حفاظتی RTD مربوطه غیرفعال می‌شود.

سنسور RTD می‌تواند در موقعیت‌های زیر قرار گیرد:

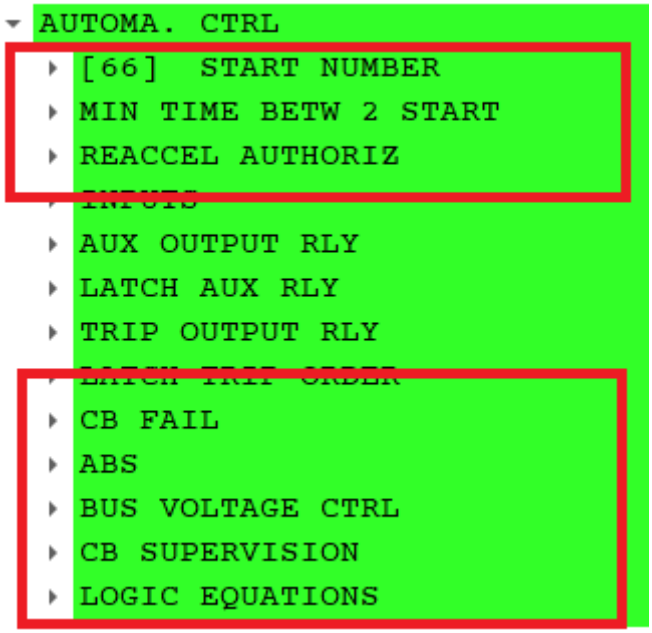
۱) در سیم پیچی استاتور (برای حفاظت از سیم پیچی استاتور، حفاظت غیرمستقیم روتور و تشخیص خطای سیستم خنک کننده موتور)
۲) در بلبرینگ‌های مکانیکی (برای تشخیص خطای روغن‌کاری)
۳) در خارج از موتور (برای اندازه گیری دمای محیط)، در همان سطح ورودی هوای خنک کننده.

RTD1 می‌تواند برای اندازه‌گیری دمای محیط استفاده شود. (تاثیر این دما در عملکرد تابع حفاظتی THERMAL در بخش مربوطه توضیح داده شده است)

۴- تشریح توابع نظارتی

در بخش پیش به تشریح توابع حفاظتی در دو گروه PROTECTION G1-2 پرداخته شد. اما در کنار این توابع حفاظتی، توابع دیگری در این رله موجود هست که بر عملکرد موتور نظارت دارند و از گرم شدن و آسیب دیدن آن پیشگیری می‌کنند. این توابع نظارتی ضامن صحت عملکرد توابع حفاظتی، مدار تریپ و عملکرد کلید قطع مدار (CB)، تعداد راه‌اندازی موتور، جهت چرخش روتور و .. است.

در شکل ۴-۱ این توابع نظارتی که همگی در زیر بخش AUTOMA. CTRL قرار گرفته اند، با کادر قرمز نشان داده شده اند. این توابع شامل موارد زیر می‌شوند:



شکل ۴-۱. توابع نظارتی موجود در رله HF2025

۱) نظارت بر تعداد راه‌اندازی‌های موتور [66] START NUMBER
۲) نظارت بر وجود تاخیر حداقلی بین دو راه‌اندازی موتور MIN TIME BETW 2 START
۳) نظارت بر شتاب گیری مجدد موتور REACCEL AUTHORIZ
۴) نظارت بر عملکرد کلید قطع مدار CB FAIL
۵) نظارت بر چرخش معکوس موتور ABS (Anti Back Spin)

۶) نظارت بر وجود ولتاژ قبل از راه‌اندازی موتور BUS VOLTAGE CTRL
۷) نظارت بر شرایط عملکرد کلید قطع مدار و استهلاک آن CB SUPERVISION
۸) تابع ایجاد روابط منطقی بین سیگنال‌های رله LOGIC EQUATIONS

در ادامه به تشریح عملکرد این توابع نظارتی پرداخته می‌شود.

۴-۱- نظارت بر تعداد راه‌اندازی‌های موتور START NUMBER [66]

هدف از این تابع، محدود کردن تعداد راه‌اندازی‌های موتور در یک مدت محدود است. راه‌اندازی‌های متوالی و سریع موتور می‌تواند باعث گرم شدن شدید موتور و در نتیجه وارد شدن آسیب‌های جدی به آن شود. در بعضی موارد نیز مشاهده شده است که راه‌اندازی های پشت سر هم منجر به بروز رفتارهای غیر طبیعی در موتور شده است. در کنار آسیب به موتور، راه‌اندازی های کنترل نشده باعث تخریب مدار راه‌انداز و تجهیزات وابسته به آن نیز می‌شود.

مطابق شکل ۴-۲ تابع محدود کننده تعداد راه‌اندازی‌های موتور از تنظیمات زیر استفاده می‌کند:

[66] START NUMBER		
START NB LIMIT FUNCT ?	NO	01D3
Treference =	10 mn	01D4
HOT START NB =	0	01D5
COLD START NB =	1	01D6
Tforbiden	1 mn	01D7

شکل ۴-۲. تنظیمات تابع محدود کننده تعداد راه‌اندازی

- START NB LIMIT FUNC ?: این تنظیم فعال بودن تابع نظارت بر تعداد راه‌اندازی را تعیین می‌کند.
- Treference: این تنظیم بازه زمانی که تعداد راه‌اندازی‌ها شمرده و بررسی می‌شوند را تعیین می‌کند.
- HOT START NB: تعداد راه‌اندازی گرم مجاز را تعیین می‌کند. اگر تعداد راه‌اندازی‌های گرم در مدت زمان Treference، به این حد رسید، رله اجازه راه‌اندازی بعدی را به موتور نمی‌دهد.
- COLD START NB: تعداد راه‌اندازی سرد مجاز را تعیین می‌کند. اگر تعداد راه‌اندازی‌های سرد در مدت زمان Treference، به این حد رسید، رله اجازه راه‌اندازی بعدی را به موتور نمی‌دهد.
- Tforbiden: این تنظیم، حداقل مدت زمانی که باید از راه‌اندازی بعدی جلوگیری شود را تعیین می‌کند.

۴-۱-۱- نحوه‌ی نظارت بر تعداد راه‌اندازی‌ها

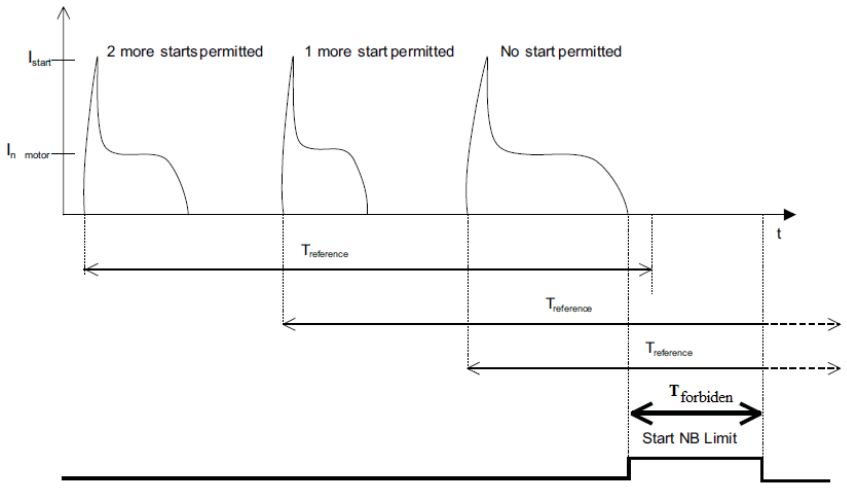
هر بار که راه‌اندازی موتور تشخیص داده می‌شود، تایمر Treference شروع به شمارش می‌کند و یکی به تعداد راه‌اندازی های این تابع (بسته به دمای موتور سرد یا گرم) اضافه می‌شود. در پایان این تایمر نیز یکی از همان نوع راه‌اندازی ها کم می‌شود.

هر بار که موتور متوقف شد (ورودی 52A صفر شد)، رله بررسی می‌کند که آیا محدودیت تعداد راه‌اندازی‌ها (هم سرد و هم گرم) حاصل شده است یا خیر. اگر تعداد راه‌اندازی‌ها به حد خود رسیده باشد، سیگنال START NB LIMIT برای مدت Tforbiden یک می‌ماند. پس از گذشت Tforbiden اگر تعداد راه‌اندازی های شمرده شده در این تابع کم تر از مقدار تنظیم شده باشد این سیگنال صفر می‌شود وگرنه باید تا پایان Treference صبر کند.

۴-۱-۲- مثال‌هایی از عملکرد تابع محدود کننده تعداد راه‌اندازی

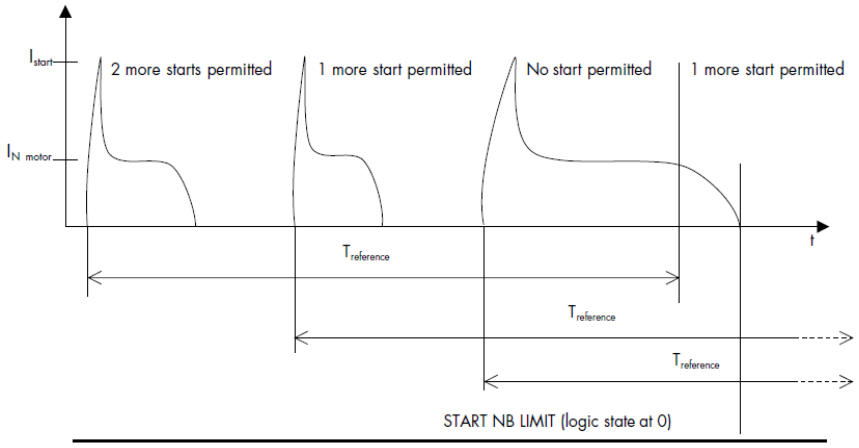
در این بخش چندین مثال برای حالتی که محدودیت تعداد راه‌اندازی‌های سرد در مدت زمان $T_{reference}$ برابر ۳ باشد آورده شده است:

حالت اول: مطابق شکل ۴-۳ تعداد راه‌اندازی ها به حد مجاز رسیده است و موتور پیش از پایان بازه زمانی $T_{reference}$ متوقف شده است. در نتیجه زمان Tforbiden با توقف موتور شروع شده است و با پایان یافتن زمان Tforbiden، به راه‌اندازی بعدی موتور اجازه داده می‌شود.



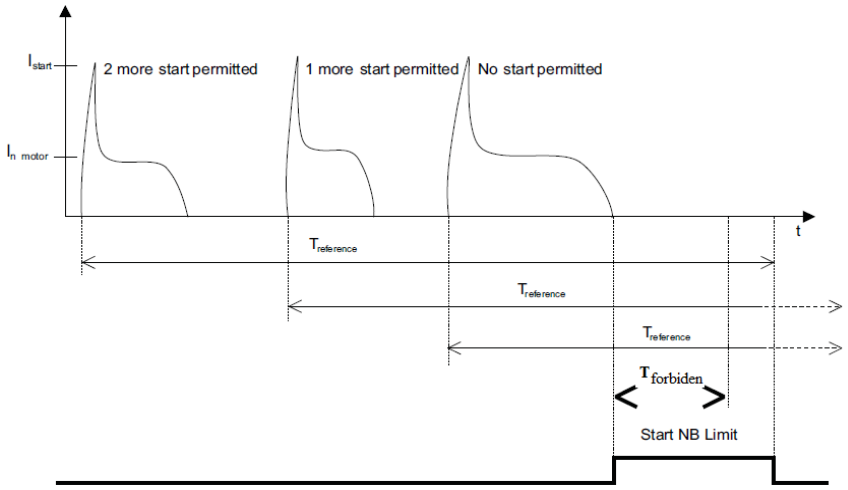
شکل ۴-۳. حالت اول در عملکرد تابع محدود کننده تعداد راه‌اندازی ها

حالت دوم: مطابق شکل ۴-۴ تعداد راه‌اندازی ها به حد مجاز رسیده است ولی موتور بعد از گذشت زمان $T_{reference}$ متوقف شده است. در نتیجه سیگنال START NB LIMIT تولید نشده و محدودیتی برای راه‌اندازی بعدی به وجود نمی‌آید.



شکل ۴-۴. حالت دوم در عملکرد تابع محدود کننده تعداد راه‌اندازی ها

حالت سوم: در این حالت خاص مطابق شکل ۴-۵ تعداد راه‌اندازی ها به حد مجاز رسیده است و به مدت زمان Tforbiden سیگنال START NB LIMIT یک بوده ولی هنوز زمان Treference پایان نیافته است. در این صورت این سیگنال تا پایان یافتن Treference همچنان یک باقی می‌ماند و اجازه به راه‌اندازی بعدی تا پایان Treference داده نمی‌شود و در این حالت زمان ممانعت راه‌اندازی طولانی‌تر می‌شود.



شکل ۴-۵. حالت سوم در عملکرد تابع محدود کننده تعداد راه‌اندازی ها

نکاتی که باید مورد توجه داشت:

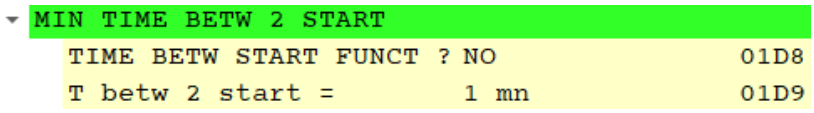
- اگر در لحظه تشخیص راه‌اندازی، مقدار معادل دمایی موتور (θ) برابر یا کم تر از ٪۵۰ باشد، راه‌اندازی سرد در نظر گرفته می‌شود.

- اگر در لحظه تشخیص راه‌اندازی، مقدار معادل دمایی موتور (θ) بیش تر از ۵۰٪ باشد، راه‌اندازی گرم در نظر گرفته می‌شود.
- حداقل زمان ممانعت راه‌اندازی برابر Tforbiden است ولی اگر در پایان این زمان همچنان تعداد راه‌اندازی کم تر از راه‌اندازی مجاز نشده بود، باید تا پایان Treference صبر کرد. در این زمان تابع محدود کننده یک واحد از تعداد راه‌اندازی های شمرده شده را کم می‌کند (حالت سوم در مثال‌های بالا).
- تعداد راه‌اندازی های مجاز و همچنین زمانی که راه‌اندازی بعدی مجاز می‌شود را در منوی PROCESS روی LCD قابل مشاهده است.
- اگر تابع نظارت بر وجود تاخیر بین دو راه‌اندازی (MIN TIME BETW 2 START) فعال باشد، در حالتی که تعداد راه‌اندازی های سرد و گرم مجاز به محدودیت خود نرسیده باشند، مقدار راه‌اندازی مجاز همواره برابر یک نشان داده می‌شود.

۴-۲- نظارت بر وجود تاخیر بین دو راه‌اندازی موتور MIN TIME BETW 2 START

به کمک این تابع می‌توان از دو راه‌اندازی متوالی که باعث ایجاد گرمای شدید در موتور می‌شود، جلوگیری کرد. تنظیمات این تابع مطابق شکل ۴-۶ شامل موارد زیر می‌شود:

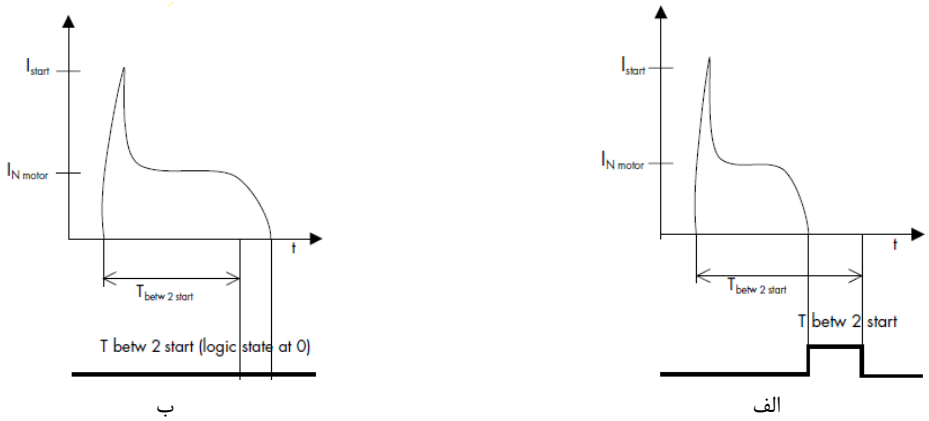
- TIME BETW START FUNC ?: این تنظیم فعال بودن این تابع نظارتی را تعیین می‌کند.
- T betw 2 start = این تنظیم حداقل فاصله بین دو راه‌اندازی متوالی را تعیین می‌کند.



شکل ۴-۶. تنظیمات تابع محدودکننده راه‌اندازی متوالی

با تشخیص راه‌اندازی، تایمر شروع به شمارش می‌کند. وقتی که موتور متوقف شد، اگر هنوز تایمر به زمان T betw 2 start نرسیده باشد سیگنالی جهت ممانعت از راه‌اندازی به نام سیگنال Tbetw 2 start تولید می‌شود و با رسیدن تایمر به مقدار تنظیم شده، این سیگنال نیز صفر می‌شود.

به عنوان مثال شکل ۴-۷ الف حالتی را نشان می‌دهد که توقف موتور پیش از پایان زمان تنظیم شده T betw 2 start صورت گرفته است که منجر به تولید سیگنال Tbetw 2 start شده است در حالی که در شکل ۴-۷ ب پس از زمان تنظیمی، موتور متوقف شده است که دیگر سیگنال Tbetw 2 start فعال نشده است.



شکل ۴-۷. مثال‌هایی از عملکرد واحد نظارت بر راه‌اندازی متوالی

۴-۳- نظارت بر شتاب گیری مجدد موتور REACCEL AUTHORIZ

بر اساس مدت زمانی که ولتاژ منبع تغذیه موتور کاهش می‌یابد و مجددا بازیابی می‌شود، می‌توان افت ولتاژ را به سه دسته مختلف تقسیم می‌شود:

- **افت ولتاژ کوتاه مدت**: به موقعیت هایی گفته می‌شود که در صورت لزوم مجاز است که روتور شتاب مجدد بگیرد و نباید واحد تشخیص اضافه ولتاژ، ولتاژ بازیابی شده را خطا ببیند.
- **افت ولتاژ میان مدت**: زمان افت در حدی است که می‌توان مجدد موتور را روشن کرد و احیانا از چند مرحله از راه‌اندازی موتور توسط تجهیزات خارجی صرف نظر کرد.
- **افت ولتاژ بلند مدت**: زمانی که برای تامین تغذیه از منبع پشتیبان استفاده می‌شود. در این حالت برای راه‌اندازی موتورهای مختلف باید اولویت بندی کرد و ابتدا موتورهای حیاتی‌تر راه‌اندازی شوند.

افت ولتاژ کوتاه در شبکه باعث می‌شود که سرعت روتور کاهش یابد. اگر این افت کوتاه در زمان کارکرد عادی موتور رخ بدهد، به محض بازیابی ولتاژ، موتور به اجبار شتاب می‌گیرد. این شتاب اجباری باعث می‌شود بسیاری از مراحل راه‌اندازی صرف نظر شود. این شتاب برای رسیدن موتور به سرعت نامی است. این شتاب خود را با کشیدن جریانی تقریبا برابر جریان روتور قفل شده نشان می‌دهد. مدت زمان این شتاب گیری وابسته به میزان افت در ولتاژ و مدت زمان افت ولتاژ است.

رله HF2025 می‌تواند افت ولتاژ را تشخیص داده و اندازه بگیرد. با مقایسه زمان این افت ولتاژ با تنظیم Treacc، رله می‌تواند اجازه شتاب گیری مجدد را بدهد یا ندهد. رله HF2025 افت ولتاژ را یا از طریق ورودی دیجیتالی که به سنسور ولتاژ وصل شده باشد (این ورودی باید به V Dip اختصاص داده شده باشد)، یا این که مستقیما ولتاژ خط را بخواند.

تنظیمات واحد نظارت بر شتاب‌گیری مجدد مطابق شکل ۴-۸ شامل موارد زیر می‌باشد:

REACCEL AUTHORIZ		
REACCEL AUTHORIZ FUNCT ?	NO	01DA
Detect Volt Dip	VOLTAGE	0119
Detection V DIP =	72 V	01EC
Restoration V DIP =	99 V	01ED
VOLT.DIP DURAT Treac =	0.2 s	01DB
AUTO RE-START FUNCT ?	NO	011A
Treac-long (0 means OFF)	0.2 s	011B
Treac-shed (0 means OFF)	0 s	011C

شکل ۴-۸. تنظیمات نظارت بر شتاب‌گیری مجدد موتور

- REACCEL AUTHORIZ FUNC ?: این تنظیم فعال بودن این تابع نظارتی را تعیین می‌کند.
- Detect Volt Dip: این تنظیم روش تشخیص افت ولتاژ را تعیین می‌کند که شامل دو گزینه است. ۱- VOLTAGE که به این معنی است که رله مستقیما از ورودی ولتاژ جهت تشخیص افت ولتاژ استفاده می‌کند. ۲- INPUT که یعنی رله از ورودی که به V Dip اختصاص داده شده و به سنسور تشخیص ولتاژ وصل است، استفاده می‌کند.
- Detection V DIP: در صورتی که تنظیم Detect Volt Dip روی VOLTAGE باشد، به ازای ولتاژهایی از این تنظیم پایین تر، رله افت ولتاژ را تشخیص می‌دهد.
- Restoration V DIP: در صورتی که تنظیم Detect Volt Dip روی VOLTAGE باشد، به ازای ولتاژهایی از این تنظیم بالاتر، رله بازیابی ولتاژ را تشخیص می‌دهد.
- VOLT.DIP DURAT Treac =: این تنظیم برابر حداکثر زمان افت ولتاژی است که موتور هنوز اجازه شتاب گیری مجدد را دارد.

به محض تشخیص افت ولتاژ، تایمر Treac شروع به شمارش می کند. در این وضعیت سه حالت مختلف می‌تواند رخ دهد:

الف) اگر ولتاژ زودتر از زمان Treacc بازیابی شود و در طول پنج ثانیه پس از بازیابی ولتاژ، جریانی که موتور از شبکه می‌کشد از حد Istall بیش‌تر شود. در این صورت:

- رله به حالت بررسی وضعیت راه‌اندازی می‌رود. یعنی تایمر tIstart شروع به شمارش کرده و در این مدت تابع حفاظت در برابر روتور قفل شدن در زمان کارکرد عادی موتور (stalled rotor whilst running) غیر فعال می‌شود. یعنی اجازه شتاب گیری مجدد داده می‌شود.
- پس از گذشت زمان tIstart تابع حفاظت در برابر روتور قفل شدن در زمان کارکرد عادی موتور دوباره فعال می‌شود.

ب) اگر ولتاژ زودتر از زمان Treacc بازیابی شود اما در طول پنج ثانیه پس از بازیابی ولتاژ، جریانی که موتور از شبکه می‌کشد از حد Istall بیش‌تر نشود. در این صورت:

- در عملکرد رله تغییری ایجاد نمی‌شود.

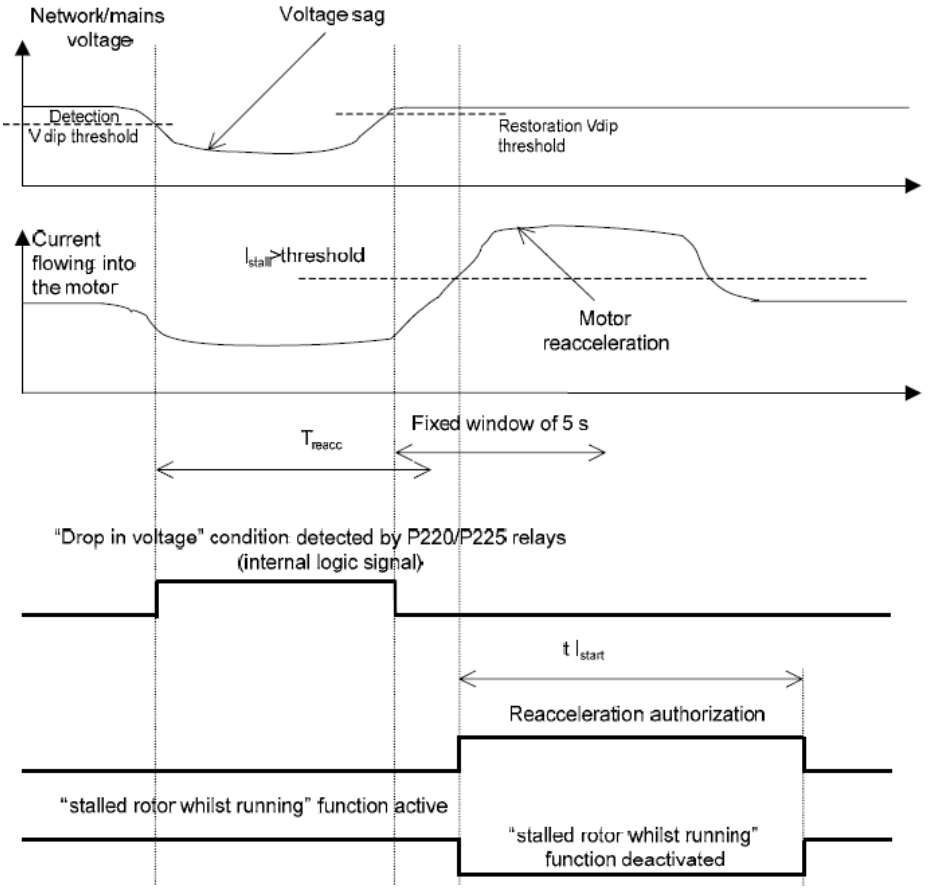
ج) اگر پس از گذشت Treacc ولتاژ بازیابی نشود. در این صورت

- سیگنال VOLTAGE DIP صادر می‌شود. اختصاص ایتن سیگنال به RL1 در صورت نیاز، اجازه می‌دهد که موتور را خاموش کند.

۴-۳-۱- مثال‌هایی از عملکرد واحد نظارت بر شتاب گیری مجدد

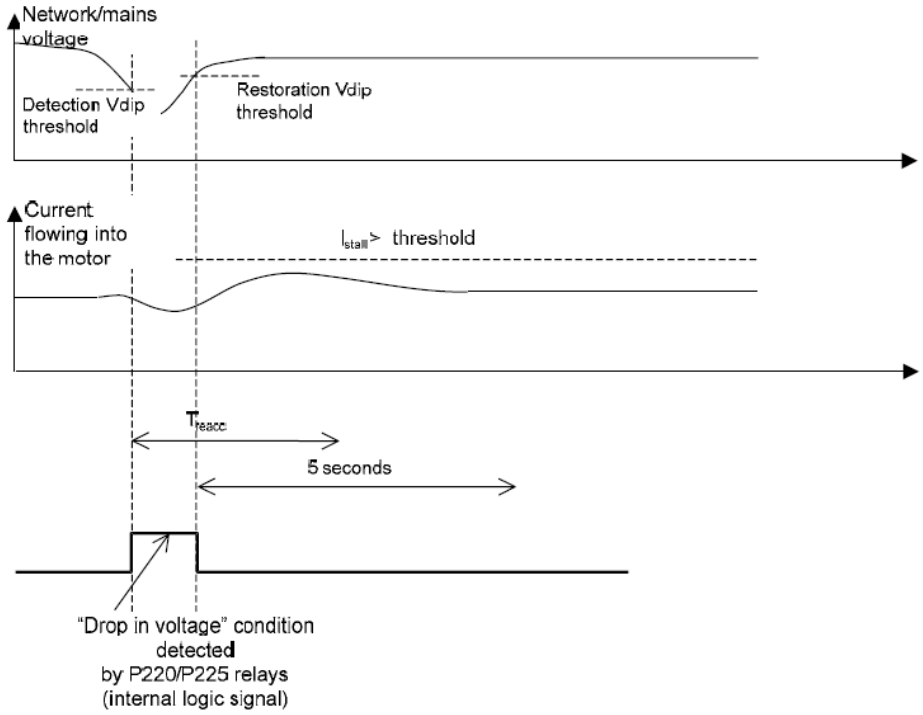
در این بخش چندین مثال برای عملکرد واحد نظارت بر شتاب گیری مجدد آورده شده است:

حالت اول: مطابق شکل ۴-۹ مدت زمان افت ولتاژ کم‌تر از Treacc است و به محض بازیابی ولتاژ تغذیه موتور و افزایش جریان از Istall، اجازه شتاب گیری مجدد به رله داده می‌شود.



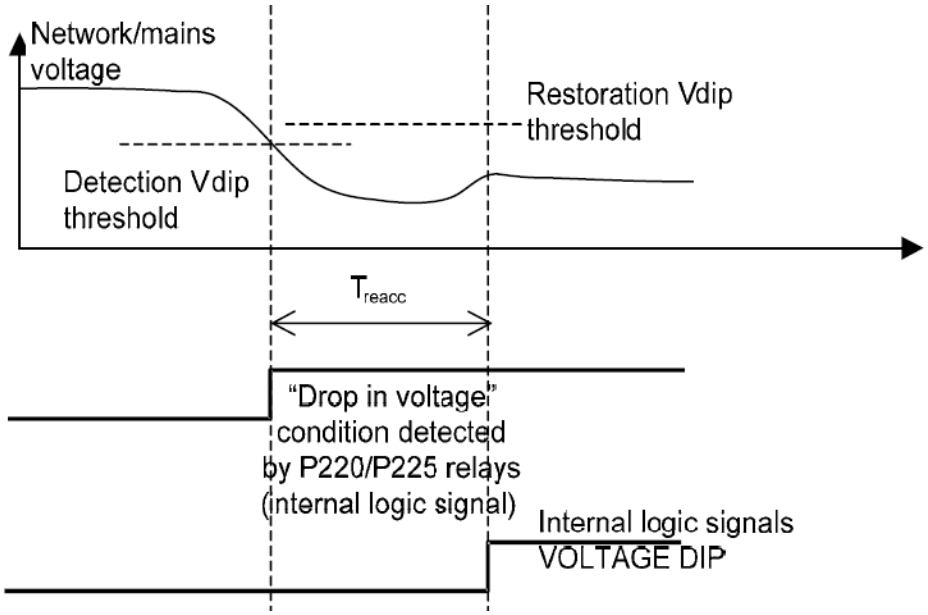
شکل ۴-۹. حالت اول در عملکرد واحد نظارت بر شتاب گیری مجدد موتور

حالت دوم: مطابق شکل ۴-۱۰ مدت زمان افت ولتاژ کم‌تر از Treacc است ولی پس از بازیابی ولتاژ تغذیه موتور جریان افزایشی نمی‌یابد. در این حالت تغییری در عملکرد رله ایجاد نمی‌شود.



شکل ۴-۱۰. حالت دوم در عملکرد واحد نظارت بر شتاب گیری مجدد موتور

حالت سوم: مطابق شکل ۴-۱۱ مدت زمان افت ولتاژ بیش‌تر از Treacc است که منجر به تولید سیگنال VOLTAGE DIP می‌شود. از این سیگنال برالی توقف موتور می‌توان استفاده کرد.



شکل ۴-۱۱. حالت سوم در عملکرد واحد نظارت بر شتاب گیری مجدد موتور

۴-۳-۲- اجازه برای باز راه‌اندازی

در رله HF2025 که بر ولتاژ تغذیه موتور دایما نظارت می‌شود، قابلیت باز راه‌اندازی مجدد موتور نیز وجود دارد. این قابلیت اجازه می‌دهد که اگر تغذیه برای میان مدت یا بلند مدت دچار افت ولتاژ می‌شود، موتور بتواند به صورت خودکار باز راه‌اندازی شود. واحد اجازه باز راه‌اندازی کنترل زمان راه‌اندازی مجدد پس از افت ولتاژهای میان مدت یا بلند مدت را فراهم می‌کند.

همانطور که در شکل ۴-۸ مشاهده می‌شود تنظیمات مربوط به واحد اجازه باز راه‌اندازی موتور عباتند از:

- ? AUTO RE-START FUNC: این تنظیم فعال بودن راه‌اندازی مجدد موتور به صورت خودکار را پس از افت ولتاژ مقطعی تعیین می‌کند.
- $T_{reac\text{-}long}$: اگر ولتاژ تغذیه افت کند و ولتاژ تغذیه موتور قبل از اتمام این تاخیر زمانی دوباره بازیابی شود. اگر منبع تغذیه در بازه تاخیر زمانی $T_{reac\text{-}long}$ بازیابی شود، یک فرمان بسته شدن توسط رله صادر می‌شود و به موتور اجازه راه‌اندازی مجدد داده می‌شود. اگر منبع تغذیه در فاصله زمانی $T_{reac\text{-}long}$ بازیابی نشود، اجازه راه‌اندازی مجدد غیرفعال خواهد شد.
- $T_{reac\text{-}shed}$: اگر ولتاژ تغذیه افت کند و ولتاژ تغذیه موتور تا اتمام تاخیر زمانی $T_{reac\text{-}long}$ بازیابی نشود، نیاز به قطع بار موتور است تا افت ولتاژ ایجاد شده جبران شود. برای موتورهایی که زمان راه‌اندازی مجدد موتور زمان‌های بزرگتری هستند یا زمانی که بازیابی ولتاژ از طریق برق پشتیبان است، می‌توان برای بازیابی ولتاژ از قطع بار استفاده کرد. اگر $T_{reac\text{-}shed}$ روی مقداری غیر از صفر (غیرفعال) تنظیم شده باشد در حالی که تاخیر زمانی $T_{reac\text{-}long}$روی صفر (غیرفعال) تنظیم شده باشد، راه‌اندازی مجدد با تاخیر زمانی $T_{reac\text{-}shed}$ تمدید خواهد شد.

راه‌اندازی مجدد پس از یک تاخیر زمانی تنظیم متوسط $T_{reac\text{-}long}$ یا پس از یک تاخیر طولانی مدت $T_{reac\text{-}shed}$ انجام می‌شود. تنظیم آستانه $T_{reac\text{-}long}$ برای زمانی که موتور با هر روش راه‌اندازی مرحله‌ای که نوع راه‌اندازی آن را مشخص می‌کند، مناسب است. از تنظیم آستانه $T_{reac\text{-}shed}$ می‌توان برای پوشش مواردی استفاده کرد که بازیابی ولتاژ از طریق برق پشتیبان انجام می‌شود و باید فواصل قابل توجهی بین راه‌اندازی موتورهای مختلف وجود داشته باشد تا پایداری حفظ شود. و یا فقط موتورهای حیاتی می‌توانند راه‌اندازی شوند. ویژگی راه‌اندازی مجدد خودکار در صورت فعال بودن، پس از اینکه رله سیگنال تریپ را صادر کرد، به دلیل شرایط کاهش ولتاژ با مدت زمان بیشتر از آستانه T_{reac}، فعال می‌شود. (همانطور که در مورد مثال شماره ۳ در بخش ۴-۳-۱ شرح داده شد)

اگر $T_{reac\text{-}long}$ روی مقداری غیر از صفر (غیرفعال) تنظیم شده باشد، پس از صدور فرمان تریپ (به دلیل عدم بازیابی ولتاژ تغذیه در بازه زمانی T_{reac})، رله HF2025 تاخیر زمانی $T_{reac\text{-}long}$ را فعال می‌کند.

۴-۴- نظارت بر عملکرد کلید قطع مدار CB FAIL

این تابع نظارتی برای تشخیص خطای کلید قطع مدار استفاده می‌شود. در صورتی که کلید قطع مدار باز نشده باشد و پس از فعال شدن سیگنال تریپ هم‌چنان جریان خطا در مدار جاری باشد این تابع نظارتی تشخیص خطای کلید قطع مدار را می‌دهد.

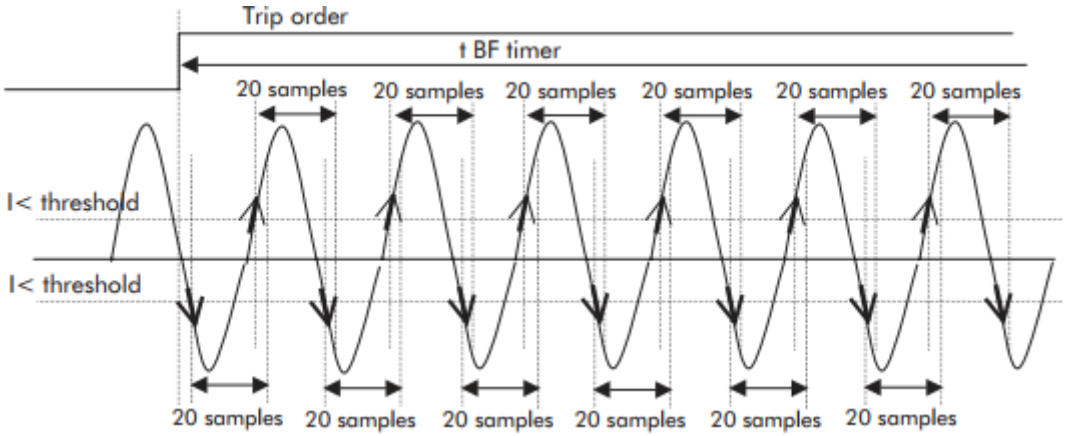
همانطور که در شکل ۴-۱۲ مشاهده می‌شود تنظیمات این تابع عبارتند از:

- CB FAIL FUNCTION ?: این تنظیم فعال بودن این تابع نظارتی را تعیین می‌کند.
- I< BF =: در صورتی که مقدار لحظه‌ای جریان هر یک از فازها از این سطح آستانه بزرگتر شود و علامت جریان نسبت به دفعه قبلی که جریان فاز مربوطه از این سطح آستانه گذر کرده بود متفاوت باشد، رله تشخیص می‌دهد که هنوز کلید قطع مدار بسته است.
- tBF =: تاخیر زمانی برای جلوگیری از عملکرد این تابع نظارتی می‌باشد، که از روی زمان عملکرد کلید قطع مدار تنظیم می‌شود.

CB FAIL		
CB FAIL FUNCTION ?	NO	01FB
I< BF =	10 % In	01FC
tBF =	0.03 S	01FD

شکل ۴-۱۲. تنظیمات تابع نظارت بر عملکرد کلید قطع مدار

این تابع نظارتی پس از فعال شدن خروجی تریپ (RL1)، فعال می‌شود. همانطور که در شکل ۴-۱۳ مشاهده می‌شود این تابع به ازای اولین نمونه‌ای از جریان هر فاز که از سطح آستانه تنظیم شده بزرگتر شود (از ناحیه ایجاد شده توسط این سطح آستانه خارج شود) شمارنده‌ای با مقدار ثابت ۲۰ را مقدار دهی می‌کند. از آنجایی که نرخ نمونه برداری رله HF2025 برابر ۳۲ نمونه در سیکل است، مدت زمان این شمارنده تاخیری برابر ۱۲,۵ میلی‌ثانیه است.



شکل ۴-۱۳. نحوه تشخیص خطای کلید قطع مدار

زمانی‌که کلید قطع مدار باز نشده باشد و مانع عبور جریان نشود، جریان مجدداً پس از نیم سیکل یعنی ۱۰ میلی‌ثانیه با علامت مخالف از این ناحیه خارج می‌شود.

هر زمان که جریان از این ناحیه خارج شود رله HF2025 شمارنده ۲۰ را دوباره تنظیم می‌کند. (ریست می‌کند) برای هر پنجره ۲۰ نمونه‌ای رله چک می‌کند که آیا در این مدت زمان جریان با علامت مخالف از ناحیه خارج شده است یا خیر؟

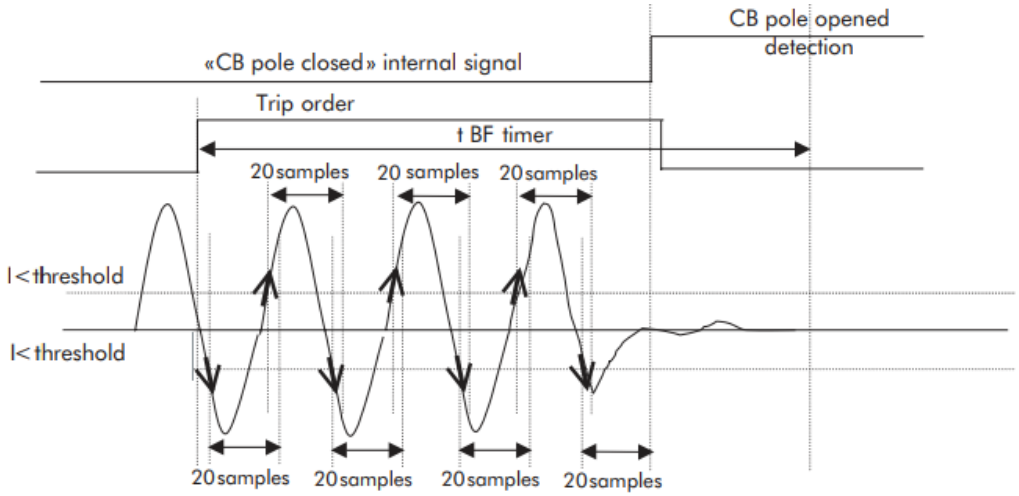
- در صورتی که جریان با علامت مخالف از این آستانه عبور نکرده باشد رله تشخیص می‌دهد که کلید قطع مدار باز شده است.
- در صورتی که جریان با علامت مخالف از این آستانه عبور کرده باشد رله تشخیص می‌دهد که کلید قطع مدار هنوز بسته است.

پس از پایان تاخیر زمانی tBF رله وضعیت کلیدهای هر فاز را چک می‌کند. در صورتی که در یک یا چند فاز کلید قطع مدار بسته باشد، رله الارم "CB FAIL" را صادر می‌کند.

۴-۴-۱- مثال‌هایی از عملکرد واحد نظارت بر عملکرد کلید قطع مدار

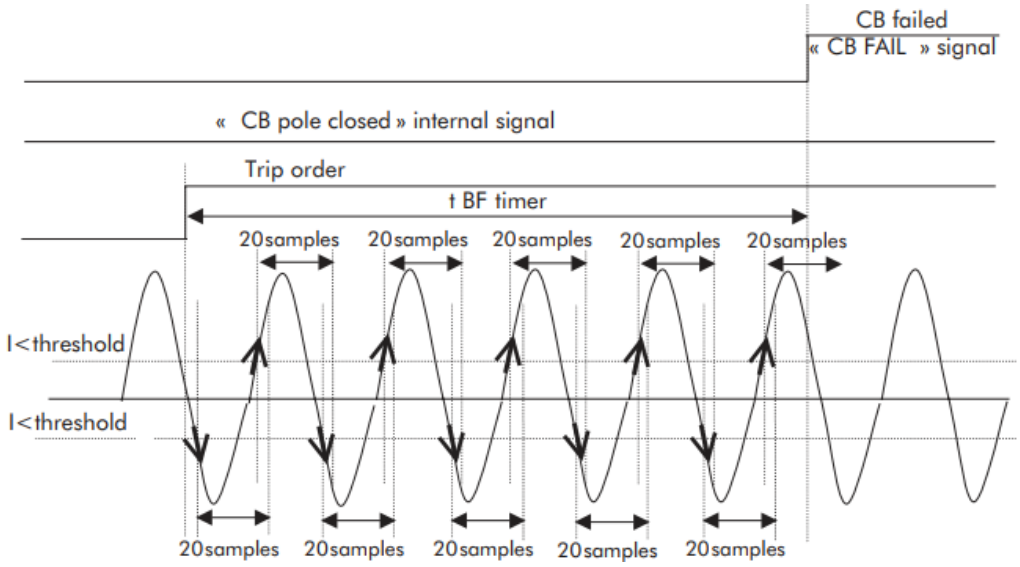
در این بخش چندین مثال برای عملکرد واحد نظارت بر عملکرد کلید قطع مدار آورده شده است:

حالت اول: مطابق شکل ۴-۱۴ کلید قطع مدار قبل از اتمام تاخیر زمانی tBF به درستی باز شده است. در این حالت الارمی ایجاد نمی‌شود.



شکل ۴-۱۴. حالت اول در عملکرد واحد نظارت بر عملکرد کلید قطع مدار

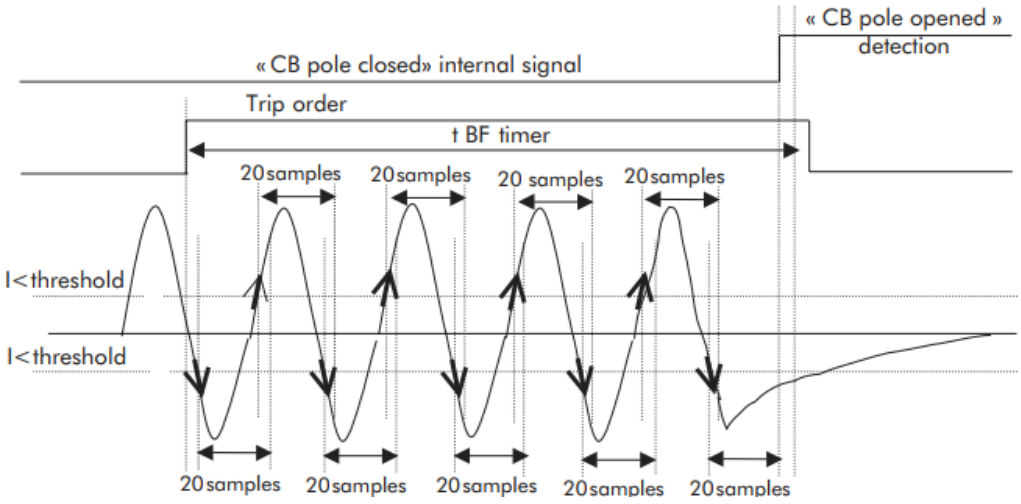
حالت دوم: مطابق شکل ۴-۱۵ کلید قطع مدار تا قبل از اتمام تاخیر زمانی tBF هنوز باز نشده است. در این حالت رله الارم "CB FAIL" را صادر می‌کند.



شکل ۴-۱۵. حالت دوم در عملکرد واحد نظارت بر عملکرد کلید قطع مدار

حالت سوم: مطابق شکل ۴-۱۶ کلید قطع مدار قبل از اتمام تاخیر زمانی tBF به درستی باز شده است. بعد از پاک شدن خطا جریان فاز به صورت فوری کاهش نمی‌یابد. این اغلب به دلیل مغناطیس شدن مجدد CT فاز است. در این حالت نیز الارمی ایجاد نمی‌شود.

توجه شود در این مورد، اگر تشخیص خرابی کلید قطع مدار صرفاً بر اساس آستانه جریان I< BF باشد، به اشتباه خطای کلید قطع مدار تشخیص داده می‌شود.



شکل ۴-۱۶. حالت سوم در عملکرد واحد نظارت بر عملکرد کلید قطع مدار

۴-۵- نظارت بر چرخش معکوس موتور ABS:Anti Back Spin

این تابع نظارتی بیشتر در موتورهای پمپ کاربرد دارد که کیلومترها زیر زمین نصب می‌شوند. اگرچه معمولا برای جلوگیری از معکوس شدن جریان هنگام توقف این موتورها از شیرهای متوقف کننده استفاده می‌شود، اما معکوس شدن جریان ممکن است به دلیل خرابی یا نبودن شیرهای توقف اتفاق بیفتد و باعث شود که

پروانه پمپ موتور را در جهت معکوس بچرخاند. راه‌اندازی موتور در حالی که به صورت معکوس می‌چرخد ممکن است باعث آسیب به موتور شود. عملکرد تابع این تابع نظارتی تضمین می‌کند که موتور فقط زمانی می‌تواند راه‌اندازی شود که موتور کاملاً متوقف شده باشد.

همانطور که در شکل ۴-۱۷ مشاهده می‌شود تنظیمات این تابع نظارتی عبارتند از:

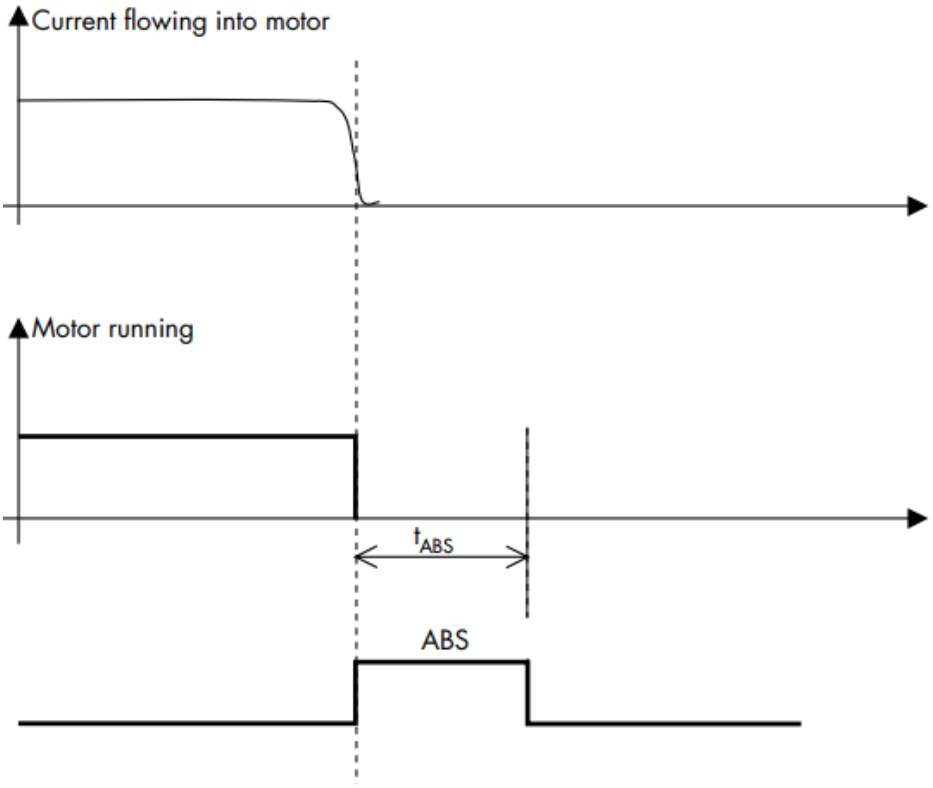
- ABS FUNCTION ?: این تنظیم فعال بودن این تابع نظارتی را تعیین می‌کند.
- tABS =: تاخیر زمانی برای جلوگیری از راه‌اندازی مجدد موتور. پس از توقف موتور تا انتهای این تاخیر زمانی به موتور اجازه راه‌اندازی مجدد داده نمی‌شود.

ABS		
ABS FUNCTION	YES	01EE
tABS =	1 S	01EF

شکل ۴-۱۷. تنظیمات تابع نظارت بر چرخش معکوس موتور

تابع نظارت بر وجود تاخیر بین توقف و راه‌اندازی موتور یک زمان انتظار بین توقف و راه‌اندازی مجدد موتور را تحمیل می‌کند. این زمان انتظار به روتور اجازه می‌دهد تا قبل از راه‌اندازی مجدد موتور متوقف شود.

همانطور که در شکل ۴-۱۸ مشاهده می‌شود، این تاخیر زمانی با تشخیص توقف موتور آغاز می‌شود. تا زمانی که این تاخیر زمانی صفر نشده باشد، یک سیگنال ABS فعال می‌ماند. این سیگنال ABS در پایان تاخیر زمانی tABS غیرفعال می‌شود.



شکل ۴-۱۸. نحوه عملکرد تابع نظارت بر چرخش معکوس موتور

۴-۶- نظارت بر وجود ولتاژ قبل از راه‌اندازی موتور BUS VOLTAGE CTRL

این تابع نظارتی این امکان را فراهم می‌کند که بررسی شود که سطح ولتاژ سیستم برای راه‌اندازی رضایت بخش موتور کافی باشد.

این تابع فقط در هنگام توقف موتور عملکرد دارد و فعال است.

همانطور که در شکل ۴-۱۹ مشاهده می‌شود تنظیمات این تابع نظارتی عبارتند از:

- BUS VOLTAGE CTRL FUNCT ?: این تنظیم فعال بودن این تابع نظارتی را تعیین می‌کند.
- V BUS =: در صورتی که در مدت زمان توقف موتور ولتاژ اندازه‌گیری شده (ولتاژ بین فازهای A و C) کوچک‌تر از این سطح آستانه باشد رله HF2025 الارم"V BUS" را صادر می‌کند.

BUS VOLTAGE CTRL		
BUS VOLTAGE CTRL FUNCT ?	NO	01FE
V BUS =	20 V	01FF

شکل ۴-۱۹. تنظیمات تابع نظارت بر وجود ولتاژ قبل از راه‌اندازی

توجه شود این تابع نظارتی بدون تاخیر زمانی عمل می‌کند.

۴-۷- نظارت بر شرایط عملکرد کلید قطع مدار و استهلاک آن CB SUPERVISION

این تابع نظارتی شامل دو بخش می‌شود: ۱) نظارت بر مدار تریپ و ۲) نظارت برعملکرد کلید قطع مدار.

تنظیمات این تابع حفاظتی در شکل ۴-۲۰ مشاهده می‌شود که در ادامه توضیح داده خواهند شد.

CB SUPERVISION		
TRIP CIRCUIT SUPERV ?	NO	01F9
tSUP	0.1 s	01FA
CB OPENING TIME ?	NO	01DC
CB OPENING TIME =	0.05 s	01DD
CB OPERATING NB ?	NO	01DE
CB OPENING NB =	0	01DF
SAn ?	NO	01E0
SAn =	0 MA^n	01E1
n =	1	01E2
TRIP T =	0.2 s	01E3
CLOSE T =	0.2 s	01E4

شکل ۴-۲۰. تنظیمات تابع نظارت بر شرایط عملکرد کلید قطع مدار و استهلاک آن

۴-۷-۱- نظارت بر مدار تریپ

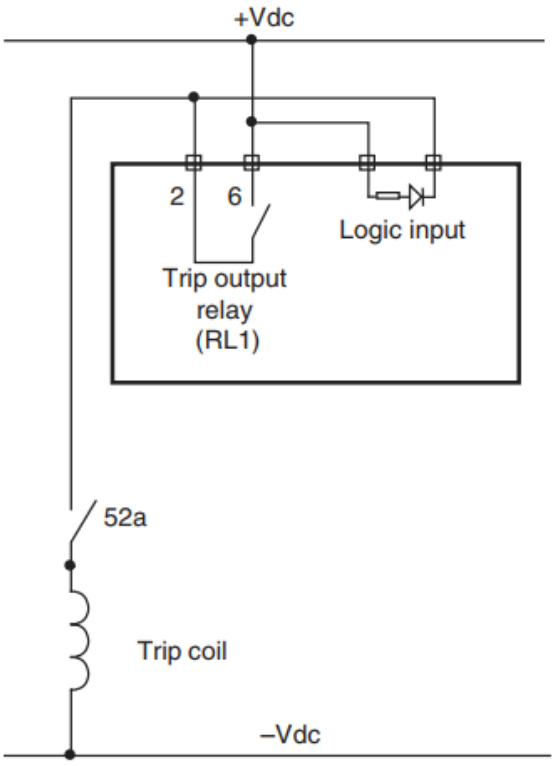
برای عملکرد این تابع نظارتی باید حداقل یک ورودی دیجیتال به سیگنال "TRIP CIRC" اختصاص یافته باشد.

همانطور که در شکل ۴-۲۰ مشاهده می‌شود تنظیمات مرتبط با نظارت بر مدار تیپ عبارتند از:

- TRIP CIRCUIT SUPERV ?: این تنظیم فعال بودن تابع نظارت بر مدار تریپ را تعیین می‌کند.
- tSUP =: اگر به اندازه مدت زمان tSUP، وضعیت ورودی دیجیتال اختصاص یافته به سیگنال "TRIP CIRC" صفر باشد، تابع نظارت بر مدار تریپ الارم "TRIP CIRC. FAIL" را صادر خواهد کرد.

تابع نظارت بر مدار تریپ، به صورت پیوسته چک می‌کند که وضعیت کلید قطع مدار باز یا بسته است. این تابع در زمان ارسال فرمان تریپ از طریق خروجی تریپ به کلید قطع مدار غیرفعال می‌شود.

در شکل ۴-۲۱ مثالی از اتصالات مدار تریپ و نظارت بر آن آورده شده است. برای این اتصال باید حداقل یک ورودی دیجیتال به سیگنال "TRIP CIRC" اختصاص یافته باشد و کنتاکت 52A در دسترس باشد. رله HF2025 به صورت پیوسته چک می‌کند که وضعیت کلید قطع مدار باز یا بسته است.



شکل ۴-۲۱. مدار نظارت بر تریپ

۴-۷-۲- نظارت بر عملکرد کلید قطع مدار

رله HF2025 بر عملکرد دستگاه قطع کننده (فیوز کنتاکتور یا قطع کننده مدار) نظارت می‌کند. در این تابع نظارتی بر سه معیار نظارت می‌شود که برای هر یک از آن‌ها یک آستانه هشدار قابل تنظیم در دسترس کاربر است که عبارتند از: ۱) نظارت بر زمان باز کردن کلید قطع کننده مدار، ۲) نظارت بر تعداد فرمان‌های باز کردن کلید قطع مدار و ۳) نظارت بر مجموع جریان قطع شده توسط کلید قطع مدار به توان n.

همانطور که در شکل ۴-۲۰ مشاهده می‌شود تنظیمات تابع نظارت بر عملکرد کلید قطع مدار عبارتند از:

- ? CB OPENNING TIME: این تنظیم فعال بودن تابع نظارت بر زمان باز کردن کلید قطع مدار را تعیین می‌کند.
- = CB OPENNING TIME: اگر زمان باز کردن کلید قطع مدار بیشتر از این تنظیم زمانی باشد این تابع نظارتی الارم "CB OPENNING TIME" را صادر می‌کند.
- ? CB OPERATING TIME: این تنظیم فعال بودن تابع نظارت بر تعداد باز کردن کلید قطع مدار را تعیین می‌کند.
- = CB OPERATING TIME: در صورتی که تعداد فرمان رله برای باز کردن کلید قطع مدار برابر این حد آستانه شود، این تابع نظارتی الارم "CB OPERATING TIME" را صادر می‌کند.
- ? SAn: این تنظیم فعال بودن تابع نظارت بر مجموع جریان قطع شده توسط کلید قطع مدار را تعیین می‌کند.
- = SAn: در این تابع نظارتی در صورتی که مجموع جریان قطع شده توسط کلید قطع مدار به توان n بیشتر از این سطح آستانه باشد، رله الارم "SA2n" را صادر می‌کند.
- = n: در تابع SAn برای محاسبه مجموع جریانی که توسط کلید قطع مدار باز شده است، از توان n حساب می‌شود. n از روی مشخصه کلید قطع مدار تعیین می‌شود. اگر استهلاک کلید قطع مدار بر اساس جریان موتور در هنگام باز کردن کلید قطع مدار باشد، n برابر ۱ قرار داده می‌شود و در صورتی که استهلاک کلید قطع مدار بر اساس توان موتور در هنگام باز کردن کلید قطع مدار باشد، n برابر ۲ قرار داده می‌شود.
- = TRIP T: این تنظیم مدت زمان پالس فرمان تریپ را مشخص می‌کند. پس از ارسال فرمان تریپ از طریق نرم‌افزار سارا به رله، در صورتی که خروجی تریپ (خروجی اول) به صورت latch تنظیم نشده باشد، به اندازه مدت زمان TRIP T فعال می‌ماند و سپس پس از آن غیرفعال می‌شود. توجه شود برای فعال شدن این عملکرد باید سیگنال TRIP T به خروجی

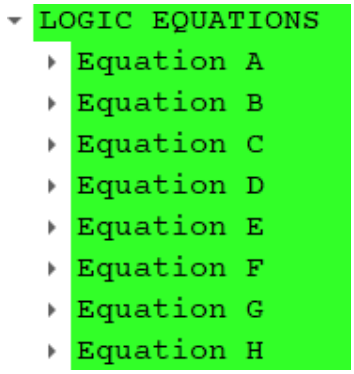
تریپ اختصاص یافته شده باشد. به کمک این تنظیم می‌شود عملکرد رله خروجی تریپ را با دادن فرمان تریپ بررسی کرد.

- CLOSE T =: این تنظیم مدت زمان پالس فرمان بستن به خروجی‌های رله را مشخص می‌کند. برای آنکه مشخص شود با این فرمان کدام یک از خروجی‌های ۱ تا ۵ فعال می‌شوند باید به خروجی مربوطه سیگنال CLOSE T اختصاص یابد. پس از ارسال فرمان بستن از طریق نرم‌افزار سارا به رله، در صورتی که خروجی مربوطه به صورت latch تنظیم نشده باشد، به اندازه مدت زمان CLOSE T فعال می‌ماند و سپس پس از آن غیرفعال می‌شود. به کمک این تنظیم می‌شود عملکرد رله‌های خروجی را با دادن فرمان بستن بررسی کرد.

۴-۸- تابع ایجاد روابط منطقی بین سیگنال‌های رله LOGIC EQUATIONS

در رله HF2025 امکان ساخت ۱۶ معادله منطقی وجود دارد که امکان سفارشی‌سازی محصول بر اساس درخواست مشتری را فراهم می‌کند.

همانطور که در شکل ۴-۲۲ مشاهده می‌شود در رله HF2025 امکانس ساخت ۸ معادله منطقی مستقل وجود دارد.



شکل ۴-۲۲. ۸ معادله منطقی موجود در منوی LOGIC EQUATION

با استفاده از معادلات منطقی، می‌توان توابع منطقی پیچیده را با استفاده از عملگرهای NOT، AND، AND NOT، OR و OR NOT (از بالاترین اولویت به پایین ترین نشان داده شده) تشکیل داد. همانطور که در شکل ۴-۲۳ مشاهده می‌شود در هر یک از معادلات می‌توان حداکثر از ۱۶ عملوند استفاده کرد. تنظیمات هر یک از معادلات عبارتند از:

- Equ. X Rising Timer: این تنظیم حداقل مدت زمان لازم برای ۱ بودن نتیجه معادله منطقی X است که برای فعال شدن خروجی آن لازم است.
- Equ. X Falling Timer: این تنظیم حداقل مدت زمان لازم برای ۰ بودن نتیجه معادله منطقی X است که برای غیر فعال شدن خروجی آن لازم است.

- X00-X15 (با آدرس زوج): این تنظیمات مربوط به اختصاص هر یک از ۱۶ عملوند است. در صورت خالی بودن هریک از عملوندها می‌توان از گزینه Null استفاده کرد.
- X00-X15 (با آدرس فرد): این تنظیمات مربوط به اختصاص هر یک از ۱۶ عملگر می‌باشد. عملگر X00 فقط می‌تواند = یا NOT = باشد. بقیه عملگرها می‌توانند عملگرهای NOT، AND، AND NOT، OR و OR NOT (از بالاترین اولویت به پایین ترین نشان داده شده) باشند.

Equation A		
Equ. A Rising Timer	0 S	0610
Equ. A Falling Timer	0 S	0611
A00	=	0500
A00	Null	0501
A01	OR	0502
A01	Null	0503
A02	OR	0504
A02	Null	0505
A03	OR	0506
A03	Null	0507
A04	OR	0508
A04	Null	0509
A05	OR	050A
A05	Null	050B
A06	OR	050C
A06	Null	050D
A07	OR	050E
A07	Null	050F
A08	OR	0510
A08	Null	0511
A09	OR	0512
A09	Null	0513
A10	OR	0514
A10	Null	0515
A11	OR	0516
A11	Null	0517
A12	OR	0518
A12	Null	0519
A13	OR	051A
A13	Null	051B
A14	OR	051C
A14	Null	051D
A15	OR	051E
A15	Null	051F

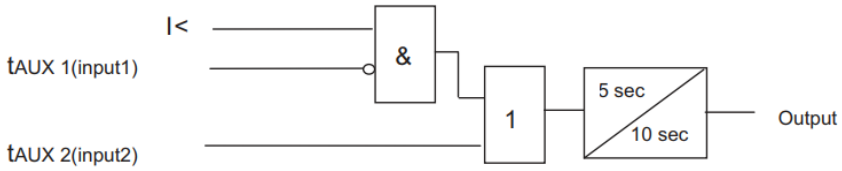
شکل ۴-۲۳. تنظیمات هر یک از ۸ معادله منطقی موجود در منوی LOGIC EQUATION

نمونه ای از پیاده سازی معادله منطقی با استفاده از معادله A در شکل ۴-۲۴ نشان داده شده است:

Equation A.00: “=” “I<”

Equation A.01: “AND NOT” “tAUX 1(input1)”

Equation A.02: “OR” “tAUX 1(input2)”

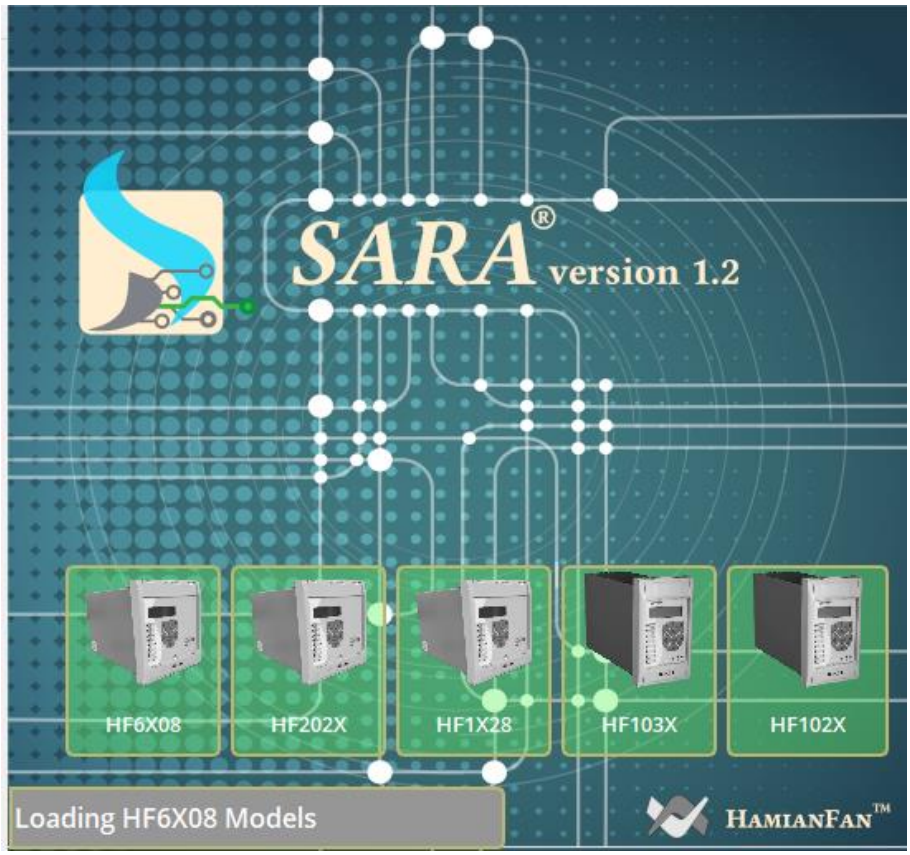


شکل ۴-۲۴. تمونه‌ای از پیاده سازی معادله منطقی

نکته: درتنظیم و اختصاص معادلات منطقی باید بر اولویت عملگرها دقت شود برای مثال به ساخت عبارت A and (B or C) دقت شود.

- “A or B and C” means “A or (B and C)”.
- “A and B or A and C” means “A and (B or C)”.

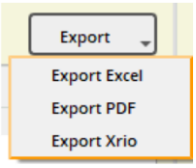
۵- معرفی قابلیت های نرم افزار سارا



۵-۱-تبدیل Setting به فرمت‌های استاندارد

برای تبدیل فرمت Setting می‌توان پس از استخراج آن در نرم افزار سارا، در بالا و سمت راست پنجره باز شده، همان طور که در شکل ۵-۱ مشاهده می‌شود بر روی دکمه Export کلیک کرد که به ازای آن سه گزینه نمایش داده می‌شود که به کمک آن‌ها می‌توان تنظیمات رله را به فرمت های PDF، Excel و Xrio تبدیل کرد. لازم به ذکر است که با استخراج Setting رله توسط نرم افزار سارا ،به طور اتوماتیک این Setting در همان project ذخیره می‌شود.

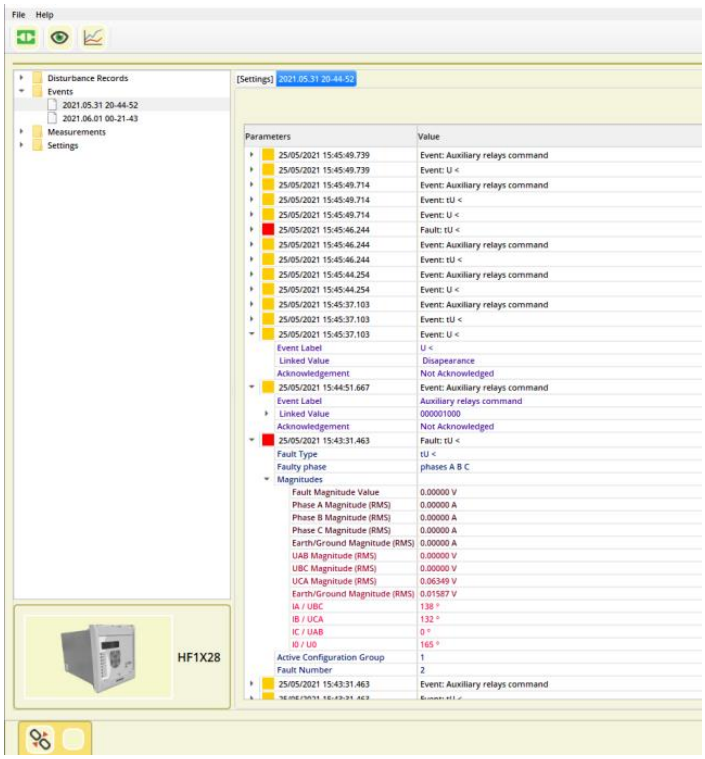
- اهمیت ذخیره کردن تنظیمات به فرمت Xrio در این است که دستگاه‌های تست رله می‌توانند فایل‌های به فرمت Xrio را بخوانند. از این رو به صورت اتوماتیک تنظیمات رله در این دستگاه های تست به روزرسانی می‌شوند و کاربر دیگر مجبور نخواهد بود که به صورت دستی تک تک این تنظیمات را وارد کند.



شکل ۵-۱. منوی Export در قسمت Setting

۵-۲- استخراج و ذخیره Events

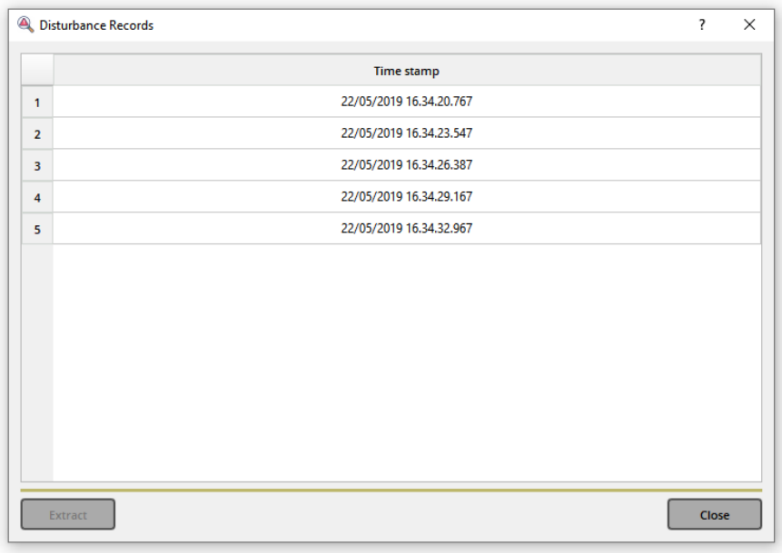
برای استخراج رخدادها و گزارش مختصری از خطاها می‌توان بر روی آیکون Event در سمت چپ نرم افزار، راست کلیک کرده و Extract Events را انتخاب کرد. همان طور که در شکل ۵-۲ مشاهده می‌شود، بعد از استخراج رخدادها، داده‌ها در فایلی در زیر بخش Events ذخیره می‌شوند. آیکون کنار هر رخداد یا گزارش خطا، نوع آن را نشان می‌دهد. رنگ زرد مربوط به رخداد و رنگ قرمز مربوط به گزارش خطا است. برای پاک‌کردن Events می‌توات بر روی آیکون Events، راست کلیک کرده و گزینه Erase Events را انتخاب کرد. دقت کنید که با انتخاب این گزینه اطلاعات مربوط به رخدادها از داخل رله نیز به طور کلی پاک خواهند شد. فایل Event را می‌توان به فرمت PDF نیز ذخیره کرد. بدین منظور در سمت راست پنجره باز شده بر روی گزینه Print as PDF کلیک کرد.



شکل ۵-۲. تنظیمات استخراج رخدادها و نمایش آن در پنجره اصلی

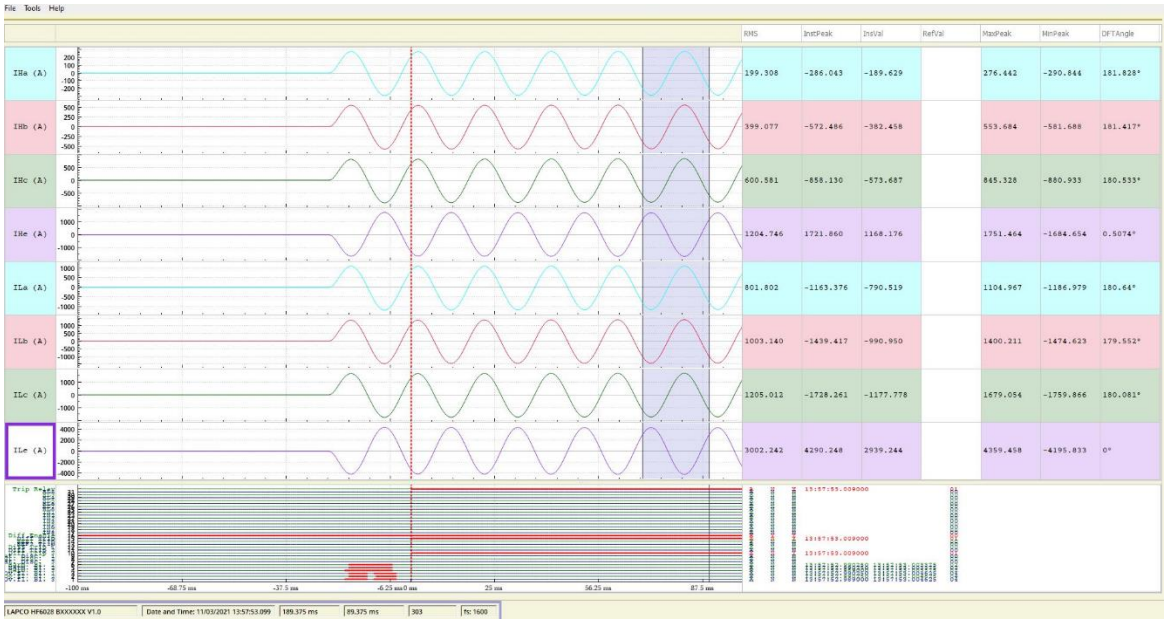
۵-۳-استخراج و پاک‌کردن داده‌های Disturbance Records

جریان‌های خطا در سمت اولیه و ثانویه، وضعیت ورودی-خروجی‌ها و همچنین مقادیر سیگنال‌های داخلی (مانند سیگنال‌های تشخیص جریان هجومی فازها و ...) در زمان بروز خطا درون رله ثبت می‌شوند. همواره اطلاعات پنج خطای آخر در سمت چپ نرم افزار سارا در بخش Disturbance Records قابل مشاهده هستند. برای مشاهده و استخراج داده‌های مربوط به حوادث می‌بایست مطابق شکل ۵-۳ بر روی پوشه Disturbance Records، راست کلیک کرده و گزینه Extract Disturbance Records را انتخاب کرد. با انتخاب یکی از داده های مربوط به حوادث با توجه به زمان رخداد و کلیک بر روی دکمه Extract داده‌ها در فایلی ذخیره شده و در زیرپوشه Disturbance Records نمایش داده می‌شود.



شکل ۵-۳. پنجره انتخاب ذخیره داده های مربوط به حوادث

برای نمایش داده‌های مربوط به این حادثه می‌بایست روی آن دوبار کلیک کرد تا گراف مربوط به آن باز شود. (شکل ۵-۴) این جریان ها، نیز قابلیت ذخیره شدن به فرمت COMTRADE دارند. برای این کار بر روی File کلیک کرده و گزینه Export to Comtrade Files را می‌بایست انتخاب کرد.



شکل ۵-۴. پنجره نمایش ذخیره داده‌های مربوط به حوادث

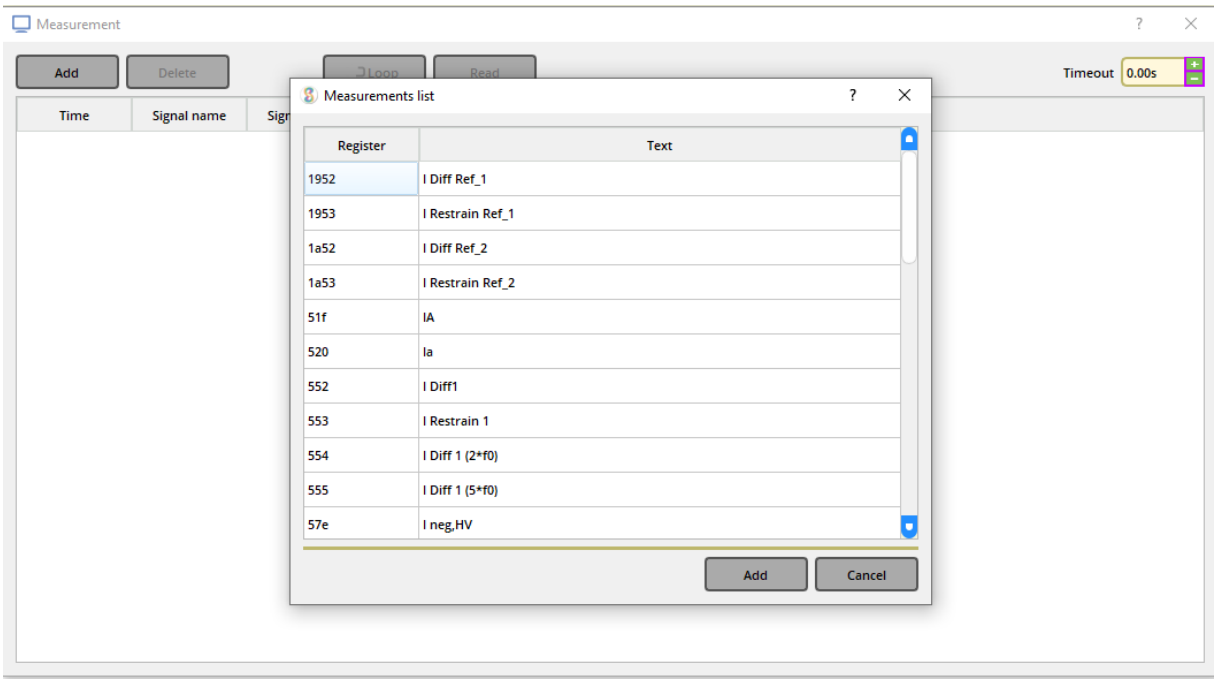
برای پاک‌کردن Disturbance Records بر روی آیکون Events Disturbance Records در سمت چپ، راست کلیک کرده و گزینه Erase Disturbance Records انتخاب می‌شود. دقت کنید که با انتخاب این گزینه اطلاعات کلیه خطاها نیز از روی رله کاملا پاک خواهند شد.

۵-۴-اندازه‌گیری لحظه‌ای

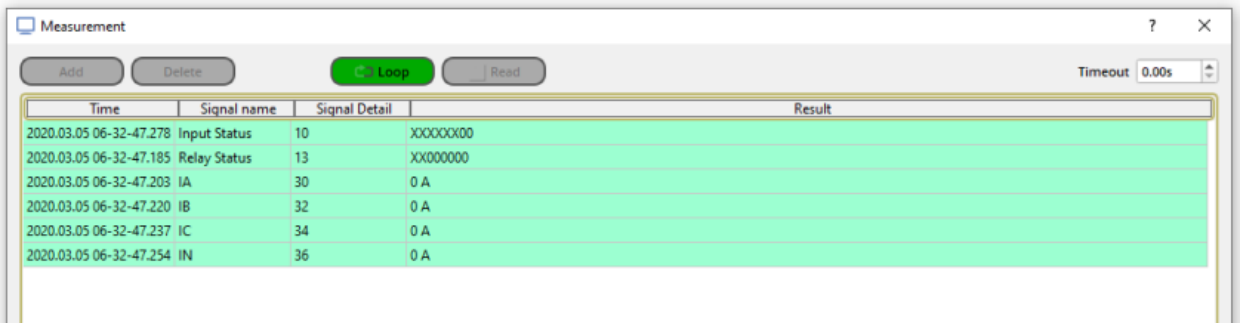
برای اندازه گیری و نمایش لحظه‌ای مقادیر جریان‌های آنالوگ ورودی، مقادیر ورودی - خروجی‌ها و جریان‌های محاسبه شده درون رله (مانند جریان های دیفرانسیلی و جریان های پایدار کننده توابع حفاظت دیفرانسیل و حفاظت خطای زمین محدودشده) می‌توان به بخش Measurements در نرم افزار سارا استفاده کرد. بدین منظور می‌بایست بر روی Measurements راست کلیک کرده و گزینه Extract Measurement را انتخاب کرد. سپس مطابق شکل ۵-۵ با فشردن دکمه Add لیست تمام پارامترهایی که برای اندازه‌گیری لحظه‌ای آماده شده‌اند را نشان داده و امکان انتخاب از بین آنها فراهم است. (برای انتخاب چند سیگنال از دکمه Ctrl استفاده می‌کنیم). با کلیک بر دکمه Delete پارامتر انتخاب شده از لیست اندازه‌گیری حذف می‌شود. با کلیک بر روی Read پارامترهای داخل لیست یک‌بار خوانده می‌شود و مقادیر آن در Result نمایش داده می‌شود. و تاریخ و زمان اندازه‌گیری در ستون Time قرار می‌گیرد.

در صورتی که خواندن داده موفقیت آمیز باشد، سطر به رنگ سبز و در غیر اینصورت به رنگ قرمز تغییر می‌کند (شکل ۵-۶). دکمه Loop برای اندازه‌گیری دایمی سیگنال‌ها به کار می‌رود. فاصله زمانی خواندن پارامترهای دستگاه برحسب ثانیه در تنظیم Timeout مشخص می‌شود که رزولوشن ۱۰ms دارد. همچنین امکان ذخیره‌سازی نتایج در فایل Excel وجود دارد. با کلیک بر روی دکمه Loop از کاربر سوال می‌شود که

داده‌ها خوانده شده ذخیره شود یا خیر. در صورت انتخاب ذخیره شدن داده‌ها، فایل‌هایی Excel با تعداد حداکثر ۱۰۰۰سطر تولید می‌کند که این فایل‌های Excel در زیر بخش Measurements قابل مشاهده است.



شکل ۵-۵. تنظیمات پارامترهای اندازه‌گیری لحظه‌ای



شکل ۵-۶. نمایش ذخیره داده های مربوط به حوادث