

АНАЛИЗ НА ВЪЗМОЖНОСТИТЕ И МЕТОДИКА ЗА ТЕСТВАНЕ НА ЦИФРОВА ЗАЩИТА VIP 300

Стефан Чобанов

CMC-C EOOD, Пирдоп, e-mail: stefan.chobanov@cmc-c.com

РЕЗЮМЕ. В доклада са анализирани проблемите и възможностите за тестване на цифрова защита VIP300 с първичен и вторичен ток в производствени (руднични) условия. Предложени са специфична методика и мобилен стенд, доказващи с достатъчна точност работоспособността и защитните функции на апарата.

Ключови думи: цифрова защита, изпитване, точност, корекция

ANALYSIS OF THE CAPABILITIES AND METHODS FOR TESTING OF THE DIGITAL PROTECTION VIP 300

Stefan Chobanov

MC-C Ltd, Pirdop, e-mail: stefan.chobanov@cmc-c.com

ABSTRACT. The problems and capabilities for testing digital protection VIP300 with primary and secondary current in production (mining) conditions are analysed in this report. There are proposed a specific methodology and stand, which demonstrate with sufficient precision the performance and protection functions of the device.

Key words: digital protection, testing, accuracy, correction

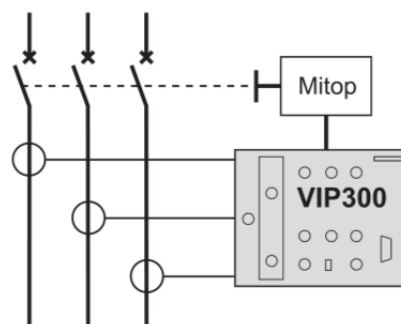
Изследването се налага в резултат на проблеми, възникващи при тестване на цифрова защита VIP 300 в подземния рудник на Дънди Прешъс Металс Челопеч (ДПМЧ). В рудника са в експлоатация десетки комплектни разпределителни устройства (КРУ) за 6kV тип Ringmaster, производство на Schneider Electric Англия [Schneider Electric 2012, 2007]. Част от тях са монтирани в две руднични разпределителни подстанции, а други работят самостоятелно. В КРУ са монтирани цифрови защиты (релета) тип VIP 300LH. Периодичният тест на релетата е целесъобразно да се осъществява с вторичен ток, тъй като алтернативният подход (с първичен ток) изисква продължително изключване на захранващото напрежение 6kV. Поради конструктивни особености на Ringmaster по време на тестовете е необходимо да се изключи захранващото напрежение на цялата подстанция. Тестването с първичен ток се затруднява допълнително в рудника от липсата на подходящо захранващо напрежение за товарното устройство.

Общи сведения за релето VIP 300

Релето VIP 300 е предназначено за работа в разпределителните мрежи за средно напрежение (СН). Релето може да се използва за защита на входове и изводи от разпределителни подстанции, както и за защита на трансформатори [Schneider Electric Ind SAS, 2004].

Релето VIP 300 изпълнява защита от къси съединения и защита от еднофазни земни съединения. Релето VIP 300

работи без външно оперативно напрежение (self-powered protection relay). Захранването му се осъществява от токовете сензори. Релето може да работи съвместно само с изключвателна bobина тип Mitop (фиг. 1).



Фиг. 1.

Произвеждат се три модела VIP 300:

- VIP 300LL и VIP 300P, предназначени за работа с прекъсвачи типове RM6, SFset и Evolis 24kV:
 - VIP 300LL: изпълнява защита от къси съединения и защита от еднофазни земни съединения;
 - VIP 300P: изпълнява само защита от къси съединения.
- VIP 300LH, предназначено за работа с прекъсвачи Ringmaster; изпълнява защита от къси съединения и защита от еднофазни земни съединения. Върху лицевия панел на релето има таблица с

еквивалентни коефициенти за определяне времето на сработване на защитите.

Сензори за VIP 300

Релето VIP 300 работи със специални токови сензори. Сензорите, предназначени за работа с VIP 300LL и VIP 300P, са:

- CRa 200/1 и CRb 1250/1 - използват се в КРУ тип RM6 (моделите след 1998г.);
- CSa 200/1 и CSb 1250/1 - използват се в прекъсвачите тип SFset;
- CEa 200/1 и CEb 1250/1 - използват се за интегриране в прекъсвачите тип Evolis за 24kV (lateral versions).

Сензори за VIP 300LH са 200/1 и 800/1 и се вграждат в КРУ тип Ringmaster.

Токови входове на VIP 300

Всяко реле VIP 300 има два различни входа (input ratings) за присъединяване на токови сензори, които съответстват на два работни обхвата (operating ranges). Токовите трансформатори на входовете на VIP 300 имат среден извод на първичните си намотки. Всеки извод на вторичната намотка на сензора съответства на токов вход на VIP 300, определящ различен работен обхват на релето.

Избор на подходящи сензори

Изборът на сензор и на начин на присъединяване му към VIP 300 зависи от необходимия обхват на настройка на тока на сработване съгласно Таблица 1.

Таблица 1.

| VIP300LL / VIP300P sensors | Rating | Current setting range |
|----------------------------|--------|-----------------------|
| CRa, CSa, CEa 200/1 | x 1 | 10 A - 50 A |
| | x 4 | 40 A - 200 A |
| CRb, CSb, CEb, 1250/1 | x 1 | 63 A - 312 A |
| | x 4 | 250 A - 1250 A |
| VIP300LH sensors | Rating | Current setting range |
| Ringmaster 200/1 | x 2 | 20 A - 100 A |
| | x 4 | 40 A - 200 A |
| Ringmaster 800/1 | x 2 | 80 A - 400 A |
| | x 4 | 160 A - 800 A |

Долната гранична стойност за всеки работен обхват е минималната работна стойност на тока за релето.

Тестер VAP 6

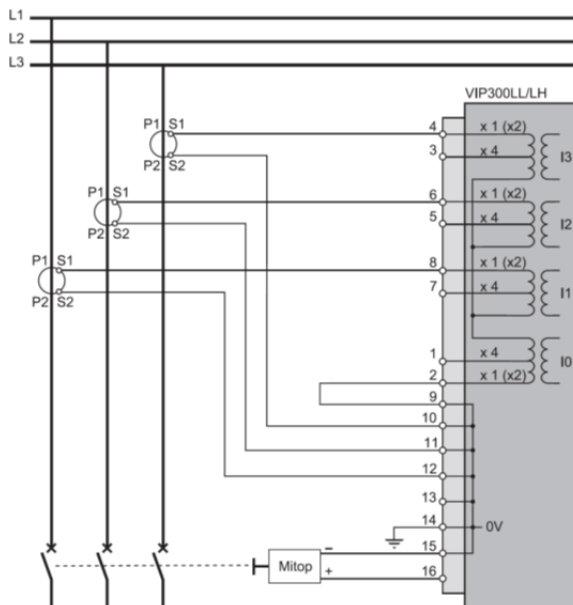
Тестерът VAP 6 е предназначен за опростено тестване на релето VIP 300. Тестовият ток е еквивалентен на 20-кратния ток на настройка на релето. С помощта на VAP 6 е възможно тестване на релето без изключване на прекъсвача.

Избор на табела

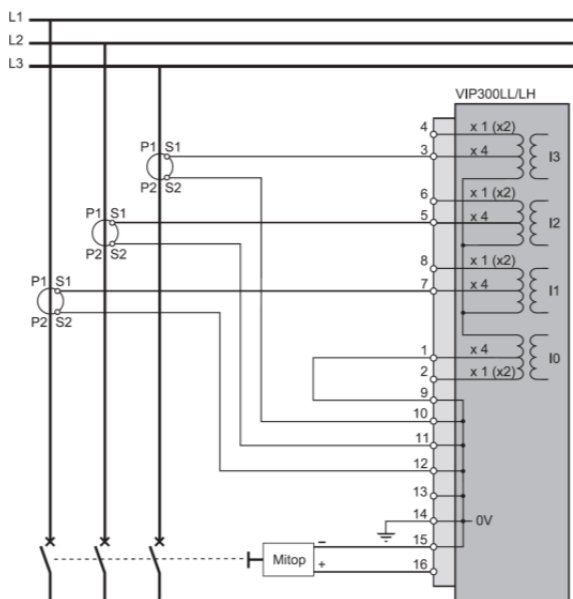
VIP 300 се доставя с набор от табели, които съответстват на различните варианти на сензори и обхвати на настройка. Подходящата за случая табела се поставя в прозрачния панел на лицевата част на релето.

Схеми на свързване

Схемите на свързване на VIP 300LL и VIP 300LH са показани на фиг. 2 (за обхват x1 или x2) и на фиг. 3 (за обхват x4).



Фиг. 2



Фиг. 3

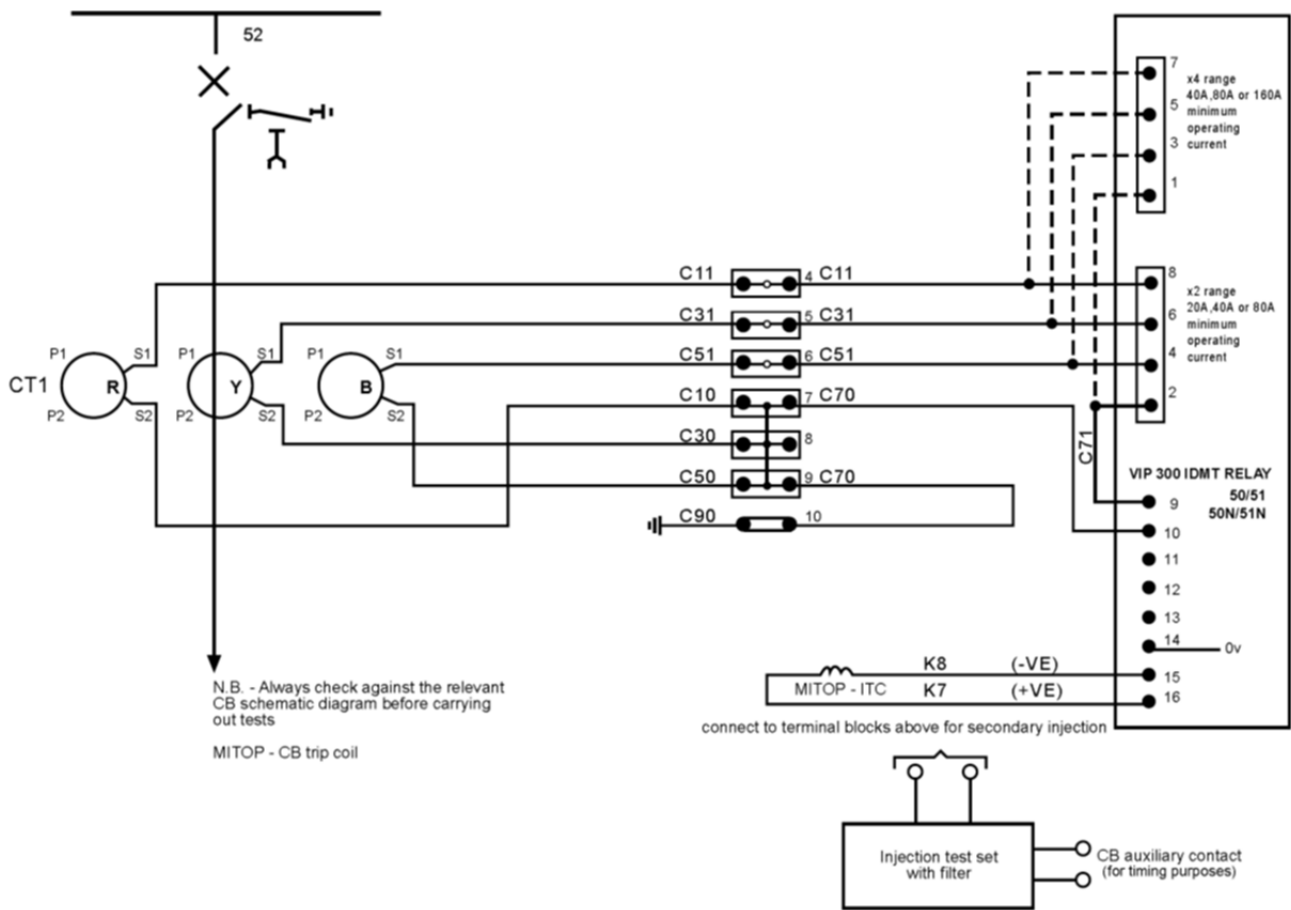
Препоръки на производителя за изпитване на релето VIP300.

В каталожната информация за VIP 300 на Schneider Electric Франция [Schneider Electric Industries SAS, 2004] не се предлага друг метод за изпитване на релето освен с тестера VAP 6, но само с него не могат да бъдат изпитани в пълен обем защитните характеристики.

В инструкцията за експлоатация на Ringmaster [Schneider Electric, 2007] са препоръчани схема (фиг. 4) на опитна постановка и процедура за изпитване на VIP 300 с

вторичен ток. Товарното устройство се свързва към релето VIP 300 без да се разкачват токовете трансформатори (ТТ). Това се осъществява чрез буксите на клеморедата, разположен в релейния отсек над релето. За тестване на максималнотоковата защита товарното устройство трябва да свърже към два от ТТ (клеми 4 и 5, 5 и 6 или 6 и 4), а за тестване на защитата от еднофазни земни съединения - към един от ТТ (клеми 4 и 7, 5 и 7, или 6 и 7). В [Schneider

Electric, 2007] се препоръчва при тестване на VIP 300 с товарно устройство за вторичен ток да се използва филтър (Foster SF30) [Megger] за корекция на формата на измерителния ток. В [Schneider Electric, 2007] е отбелязано, че при липса на филтър измереното време за сработване на релето може да не съответства на теоретично зададеното.



Фиг. 4

Изпитване на VIP300 с вторичен ток

За целите на настоящето изследване опитната постановка, показана на фиг. 4, е реализирана в лабораторни условия. Релето на фиг. 4 е VIP 300LN, монтирано в Ringmaster RN2c-T2. Изпитването е направено с помощта на автоматизирана система за тестване на релейни защиты ARTES 440II. Ефективната стойност на токовете е:

I_{Σ} - на изхода на ARTES

I_V - на входа на VIP 300

I_{CT} - през вторичната намотка CT

и се измерва с цифрови А-метри кл.0,09.

Направени са изпитвания на двете защитни функции на релето (защита от къси съединения и защита от еднофазни земни съединения) за двата обхвата (x2 и x4) с различни изходни напрежения на ARTES (10V и 15V). Резултатите от изпитванията са незадоволителни и неприложими за целите на теста на релето. Измереният ток I_{Σ} не съответства на зададения в ARTES, както и сумата от I_V и I_{CT} не е равна на I_{Σ} . Изпитванията са

повторени с разделени от схемата вторични намотки на CT, но резултатите не се променят съществено.

Очевидният извод от тези резултати е, че липсата на филтър за корекция на формата на измерителния ток (Foster SF30) се отразява не само върху измереното време за сработване на релето, но и върху измерените с конвенционални средства ефективни стойности на тестовия ток, т.е. лабораторна постановка на фиг. 4 е непригодна за тестване на VIP 300 с помощта ARTES.

Мобилен стенд за тестване на VIP300LN в Ringmaster RN2c-T2 с първичен ток

Описаните по-горе неуспешни опити за тестване на VIP 300LN с вторичен ток без филтър Foster SF30 предполагат необходимостта от изграждане на мобилен стенд за тестване на VIP 300LN в Ringmaster RN2c-T2 с първичен ток. Налично за целта е товарно устройство тип ODEN AT и предоставени от ДПМЧ КРУ тип Ringmaster RN2c-T2, реле тип VIP 300LL, токови сензори тип CRa (200/1). Стендът трябва да осигури възможност наличните в

рудника VIP 300LH да се тестват на място без присъединяване на ODEN към силовата верига на Ringmaster.

Чрез няколко последователни експеримента е направена проверка за съвместимост между токовете сензори тип CRa (200/1) и релето VIP 300LH. При наличие на такава съвместимост стендът ще бъде приложен и за тестване на релета VIP 300LL, монтирани в КРУ тип RM6 и намиращи се в експлоатация в рудника на ДПМЧ.

Тестване на VIP 300LL с първичен ток от ODEN чрез TC тип CRa (200/1)

Един от проблемите за решаване при изграждането на стенда е да се осигури възможност за измерване на времето за сработване на релето без участието на силовия прекъсвач на Ringmaster. За целта изключвателната бобина Mitop е заменена с универсален трансмитер тип PR 4116, производство на PR electronics [5]. Направен е тест на максималнотокова защита (MTЗ) с независимо от тока закъснение. Времето за сработване на защитата е измерено с обратна връзка от PR. Направени са тестове при различни закъснения. Регистрирани са отклонения $\Delta t \gg$ от зададените закъснения на сработване на релето $t \gg$ в диапазона $\Delta t \gg = +50 \div 150ms$, като в т.ч. е времето за сработване на PR.

Измерено е преводното отношение на TC тип CRa (200/1) и оценка на грешката при работа с VIP 300LL. Представителна част от резултатите при изпитването са показани на таблица 2.

Таблица 2

| | | | | | | | | |
|---------------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| A1, A | 10 | 30,8 | 50,2 | 80,8 | 99,5 | 120,2 | 160,1 | 200,3 |
| A2, mA | 47 | 160 | 268 | 435 | 536 | 645 | 860 | 1082 |
| $K_{тр}=A1/A2$ | 213 | 193 | 187 | 186 | 186 | 186 | 186 | 185 |
| $\Delta K_{тр}, \%$ | 6,38 | -3,75 | -6,34 | -7,13 | -7,18 | -6,82 | -6,92 | -7,44 |

Означенията в таблица 2 са:

A1 – ток, подаден от ODEN към първичната намотка на СТ;

A2 – вторичен ток на СТ;

$K_{тр}$ – коефициент на трансформация;

$\Delta K_{тр}, \%$ – грешка на СТ.

От таблица 2 е видно, че регистрираната грешка в работния обхват (10-200)A е под 8%.

Тестване на VIP 300LH с първичен ток от ODEN чрез TC тип CRa (200/1)

Целта на експеримента е проверка за съвместимост между релето VIP 300LH и токовете сензори (TC) CRa (200/1).

Измерено е преводното отношение на TC тип CRa (200/1) и оценка на грешката при работа с VIP 300LH. Резултатите от изпитването са показани в таблица 3. Регистрираната грешка в работния обхват (10-200)A отново е под 8%, което доказва съвместимостта между релето VIP 300LH и TC тип CRa (200/1).

Таблица 3

| | | | | | | | | |
|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| A1, A | 9,9 | 30,6 | 49,8 | 80,5 | 100,7 | 120,1 | 160,9 | 199,9 |
| A2, mA | 51 | 163 | 268 | 435 | 546 | 650 | 873 | 1084 |
| $K_{тр}=A1/A2$ | 194 | 188 | 186 | 185 | 184 | 185 | 184 | 184 |
| $\Delta K_{тр}, \%$ | -2,94 | -6,13 | -7,09 | -7,47 | -7,78 | -7,62 | -7,85 | -7,80 |

Направен е тест на MTЗ с независимо от тока закъснение, аналогичен на описания за релето VIP 300LL. Регистрирани са отклонения $\Delta t \gg = +50 \div 150ms$ от зададените стойности $\Delta t \gg$ подобно на експериментите с VIP 300LL, което потвърждава възможността релето VIP 300LH да бъде тествано с първичен ток чрез TC тип CRa.

Корекция на измереното време за сработване на релето VIP300

В отчетеното отклонение $\Delta t \gg = +50 \div 150ms$ участва времето t_{PR} за превключване на PR, грешката Δt_{VIP} на релето и допълнителното закъснение Δt_{VIPadd} на релето VIP300, вследствие липсата на постоянен работен ток (преди възникването на тока на к.с.). Грешката Δt_{VIP} на релето е $\pm 2\%$ или $\pm 20ms$, а допълнителното закъснение е $\Delta t_{VIP} = 10 \div 30ms$ в зависимост от съотношението между тестовия ток и тока на настройка I_s на MTЗ [3].

Предвид гореизложеното се приема корекция t_k на измереното време за сработване на релето, отчитаща времето t_{PR} за превключването на PR:

$$t_k = - t_{PR}$$

$$t_{PR} = \Delta t \gg - \Delta t_{VIP} - \Delta t_{VIPadd} \approx 100ms$$

Тестване на VIP 300LH в Ringmaster с TC 800/1

Тестване на VIP 300LH в Ringmaster, в който TC са 800/1 е осъществимо със същия стенд, в който TC са тип CRa (200/1). В този случай за по-лесно определяне стойностите на първичния тестов ток може да се ползва табелката на VIP за сензори 200/1. Алтернативата е тестовият ток да се определи по наличната табелка с деление на 4.

Захранващ трансформатор за стенда

Измерен е токът, консумиран от ODEN от мрежата за 380V:

12,3A (8kVA) - при 1,6kA тестов ток;

24,2A (16kVA) - при 2,3kA тестов ток.

За да се намали масата на трансформатора, се приема мощност 15kVA, което ще облекчи транспортирането му в рудника. Тази мощност е достатъчна за тестване на наличните релета VIP 300 предвид въведените към момента настройки по ток на MTЗ.

Предвижда се първичната намотка на трансформатора да може да се превключва за наличните в рудника захранващи напрежения 380 и 1000V.

Заклучение

1. Доказана е практическата невъзможност за тестване в руднични условия на релета VIP 300LH, монтирани в КРУ Ringmaster RN2с-T2 с вторичен ток без филтър Foster SF30.
2. Проверена е съвместимостта между ТС тип CRa и релето VIP 300LH.
3. Разработен е стенд за изпитване в руднични условия на релета VIP 300LH, монтирани в КРУ Ringmaster RN2с-T2 с първичен ток, без изключване на захранващото напрежение на подстанцията.

Литература

- Schneider Electric. Ringmaster. Ring Main Unit. Catalogue. 2012.
- Schneider Electric. Ringmaster range indoor/outdoor switchgear. Installation, operation and maintenance instructions. 2007.
- Schneider Electric Industries SAS. Electrical network protection VIP300. User manual. 38050 Grenoble cedex 9 - France: Schneider Electric, 2004.
- Megger. Secondary Current Injection Test Set SCITS100. www.lecom.com.cn
- PR electronics. Universal transmitter 4116. <http://www.prelectronics.com/pdf/4116-2272-US.pdf>

Статията е рецензирана от проф. д-н Менто Ментешев.