

Ева Шуклева
ЕВН Македонија, Скопје
Ристо Миновски
ФЕИТ, Скопје
Василија Шарац
SIEMENS A.E., Скопје

РУТИНСКИ ИСПИТУВАЊА НА 110 kV SF₆ ПРЕКИНУВАЧИ ВО СОГЛАСНОСТ СО IEC СТАНДАРДИТЕ, ПРЕЗЕНТАЦИЈА НА ДОБИЕНИТЕ РЕЗУЛТАТИ

КУСА СОДРЖИНА

Во овој труд се обработени рутинските испитувања на високонапонските прекинувачи во согласност со IEC62271-100 и IEC60694, со презентација на резултатите добиени во присуство на авторот на едно рутинско испитување на 110 kV прекинувач во фабриката во производителот.

Рутинските испитувања се состојат од: проверка на конструкцијата и визуелна проверка, диелектрични испитувања на главното коло, механички испитувања, испитувања на помошното и управувачкото коло, мерење на отпорот на главното коло, испитување на херметичност.

Презентираните резултати се од повторените рутински испитувања на случајно избран примерок, 110 kV трополен прекинувач со посебни погони за трите пола со SF₆ гас за гаснење на лакот. Добиените резултати се споредени со пропишаните толеранции. Приложени се и осцилограмите од механичките испитувања, во споредба со добиените при типското испитување.

Клучни зборови: рутински испитувања, типски испитувања, високонапонски прекинувач.

1. ВОВЕД

Рутинските испитувања се спроведуваат со цел да се избегнат грешки во материјалот и конструкцијата, и да се потврди дека производот е во согласност со опремата која ги поминала типските испитувања. Тие не треба да влијаат на карактеристиките и сигурноста на испитуваниот објект. Се изведуваат во фабриката на производителот на секој произведен апарат. Со меѓусебен договор на купувачот и производителот некои од рутинските испитувања може да се спроведат и на местото на монтажа.

Во фабриката на производителот испитувањата се изведуваат во две посебни испитни станици: испитна станица за диелектрични испитувања на главното коло и испитна станица за останатите испитувања. Испитувањата се изведуваат автоматски со програмски водена процедура. На крајот од процедурата добиените резултати по проверката се верифицираат од двете страни.

Во согласност со [1] и [2] се пропишани следните рутински испитувања:

1. Механички испитувања

2. Испитување на помошното и управувачкото коло
3. Испитување на херметичноста
4. Мерење на отпорот на главното коло
5. Диелектрични испитувања на главното коло

Кога прекинувачот не е комплетно асемблиран пред транспорт, треба да се направат одделни испитувања на сите транспортни единици. Во таков случај, производителот треба да демонстрира исправност на ова испитување (пример: истекување, отпор на дел од главното коло).

И покрај тоа што стандардите препорачуваат дека Протоколот од испитувањата не е неопходен, во пракса како и за потребите на државниот технички прием на нови постројки, Протоколите од рутинските испитувања се неопходни.

2. РУТИНСКИ ИСПИТУВАЊА

2.1. Механички испитувања

Механичките испитувања се изведуваат на комплетен прекинувач. Треба да се реализираат најмалку следниве механички испитувања:

- a) при максимален помошен работен напон и максимален работен притисок:
 - пет операции на затварање;
 - пет операции на отварање.
- b) при специфицираниот најмал помошен работен напон и минимален работен притисок:
 - пет операции на затварање;
 - пет операции на отварање.
- c) при номинален помошен работен напон и номинален работен притисок
 - пет работни циклуси отвори-затвори, со навивање на механизмот за исклучување со затварање на главните контакти;
 - за прекинувачи предвидени за брзо повторно вклучување (во дадениов пример), пет вклучи-исклучи циклуси О-т-С каде t не смее да биде поголемо од временскиот интервал специфициран за номинална работна фреквенција. Во дадениот пример t изнесува 0,3 s.

За сите барани работни секвенци при операциите вклучување и исклучување треба да се изведе и сними следново:

- мерење на работните времиња;
- мерење на загуба на гасот за време на операциите, на пример разликата на притисокот.

Треба да се даде доказ дека механичкото однесување се поклопува со добиеното за време на типските испитувања. Референтните механички карактеристики на прекинувачот, се утврдуваат на почетокот на типското механичко испитување без товар, а се употребуваат за да се докаже дека различни испитни примероци употребени при механичките испитувања, се однесуваат на сличен начин. Сите испитни примероци употребени за механичките испитувања, испитувањата на отварање, затварање и исклучување, треба да имаат механичка карактеристика во одредени области.

Снимените криви за време на рутинското механичко испитување треба да бидат сместени во овие дефинирани области, од моментот на одвојување на контактите до крајот на патувањето на контактите. Механичката карактеристика може да се сними директно, со употреба на претварач или слично средство на контактниот систем на прекинувачот или на друга соодветна локација каде има директна врска.

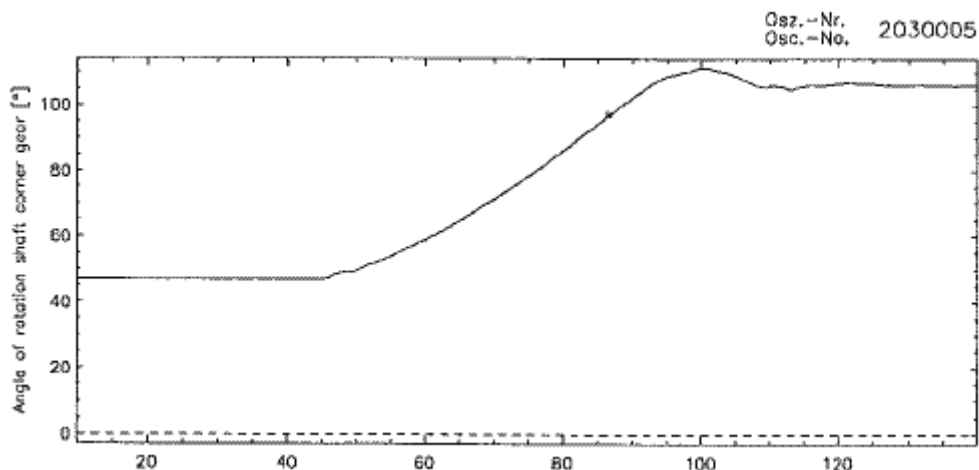
На Сликите 1, 2, 3, 4, 5 и 6 се дадени споредбено Референтните механички карактеристики од типските испитувања и добиените при повтореното рутинско испитување, за различни операции, а во Табела 1 дадени се работните времиња.

PEHLA
Report No.: 0203Bm

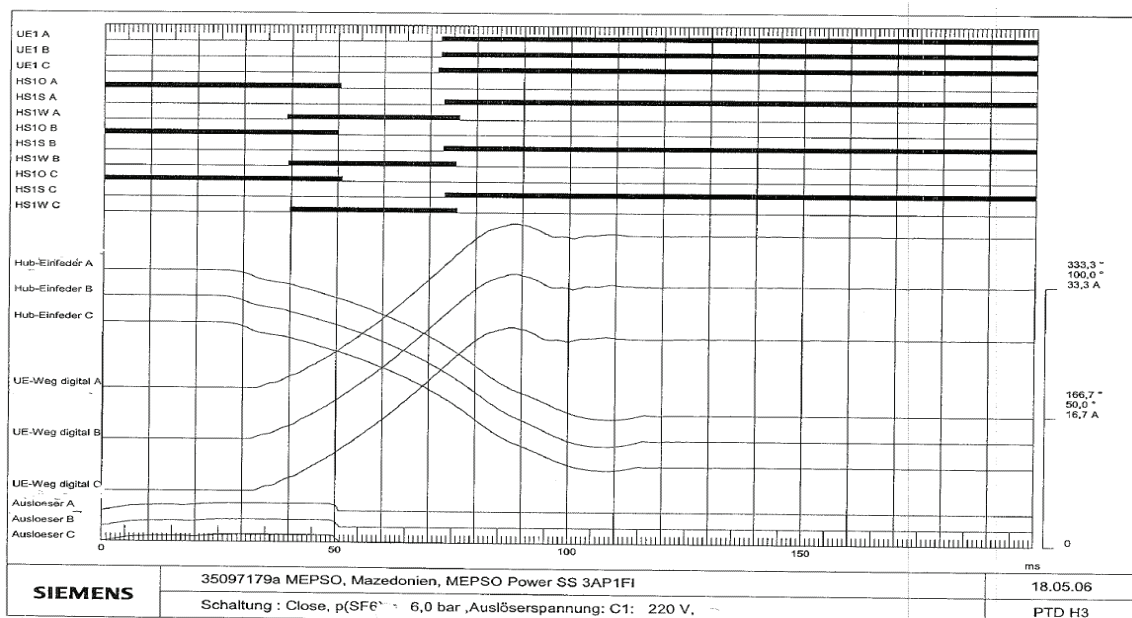
GESELLSCHAFT FÜR ELEKTRISCHE HOCHLEISTUNGSPRÜFUNGEN

Sheet: 13

**Characteristic of Closing Operation
before the test
at rated supply voltage**



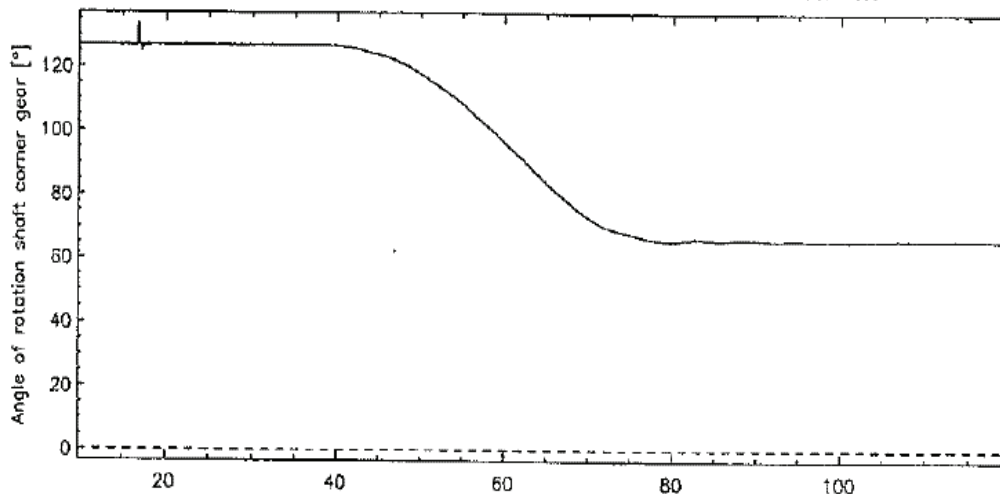
Слика 1. Референтна крива снимена при тиспкото испитување при операција на затворање на истиот тип на прекинувач



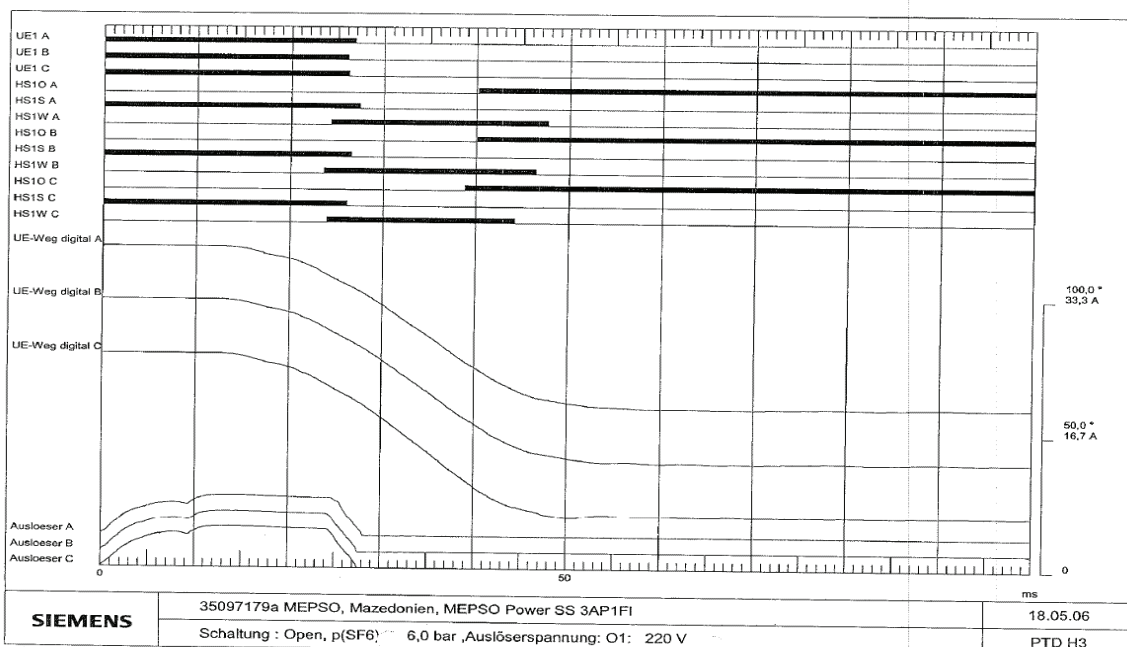
Слика 2. Криви снимени за време на рутинските испитувања при операција на затворање на прекинувачот

**Characteristic of Opening Operation
before the test**
at rated supply voltage

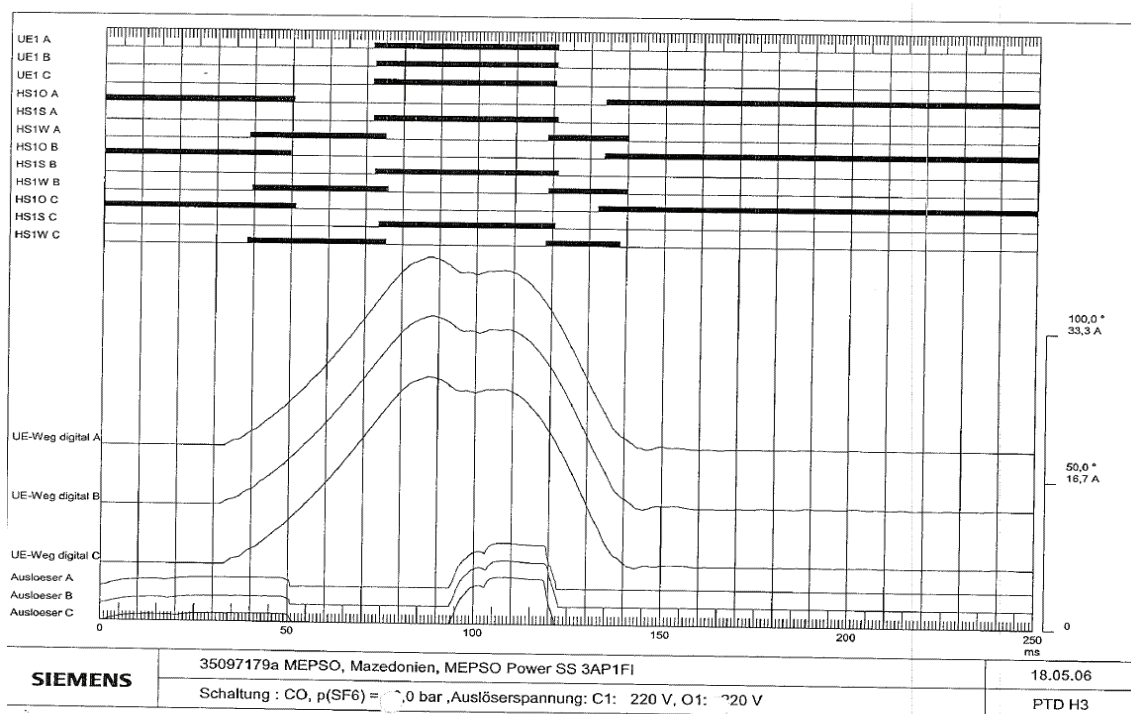
Osz.-Nr. 2030008
Osc.-No.



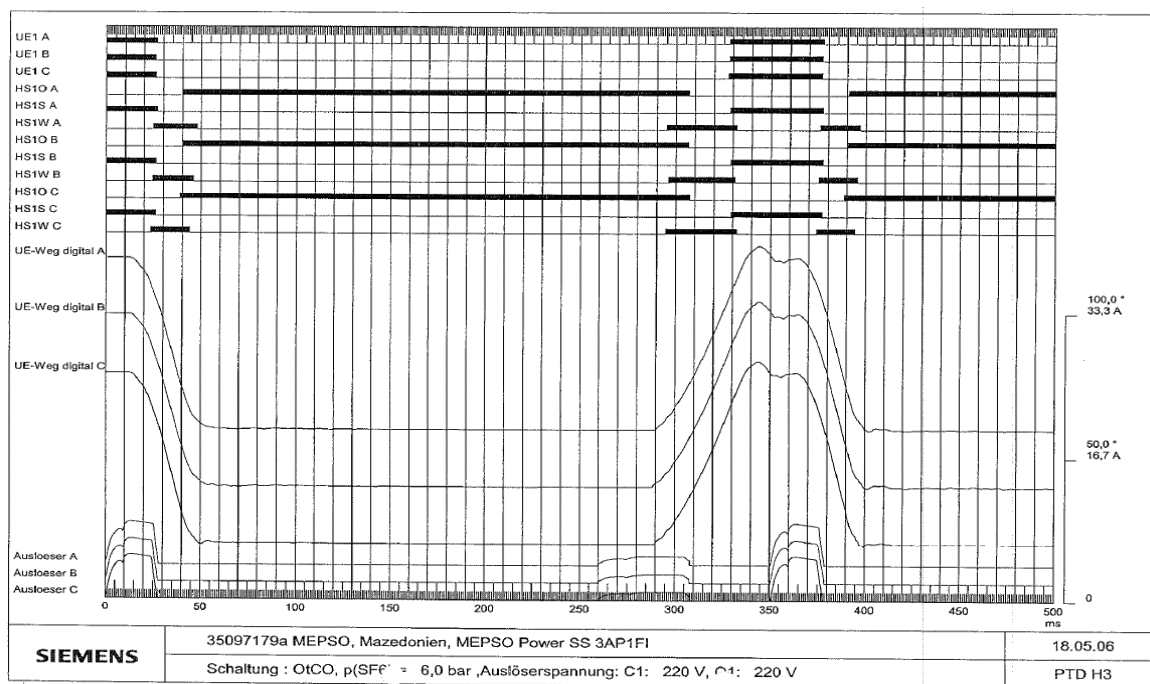
Слика 3. Референтна крива снимена при типското испитување при операција на отварање на истиот тип на прекинувач



Слика 4. Криви снимени за време на рутинските испитувања при операција на отварање на прекинувачот



Слика 5. Криви снимени за време на рутинските испитувања при операција затварање-отварање (CO)



Слика 6. Криви снимени за време на рутинските испитувања при операцијата на отварање-пауза-затварање-отварање (OtCO)

Легенда на ознаките од Сликите 2, 4, 5 и 6:

- UE1 A, B, C - Главни контакти пол A, B, C (времиња на отварање/затварање),
- HS10 A, B, C - Нормално отворени помошни контакти пол A, B, C (времиња на отварање/затварање),

- HS1S A, B, C - Нормално затворени помошни контакти пол A, B, C (времиња на отварање/затварање),
- HS1W A, B, C - Преодни помошни контакти пол A, B, C (времиња на отварање/затварање),
- Hub-Einfeder A, B, C - Навивање на пружината пол A, B, C (струја/време),
- UE-Weg digital A, B, C - Патека на главните контакти на половите A, B, C ,
- Ausloeser A, B, C - Калем за вклучување/исклучување (брзина на побудување на калемот).

Табела 1. Работни времиња измерени на 110 kV триполен прекинувач при повторено рутинско испитување (сите вредности се дадени во ms)

Операција	Ном. вредност	Толеранција	C1	O1	O2	C1O1	O1C1O1
t_C - време на затварање	68	-7.0/7.0	72.2	/	/	/	/
dt_C - разлика во времето на затварање	0.0	0.0/3.0	0.7	/	/	0.6	0.7
t_O - време на отварање	26.0	-3.0/3.0	/	26.9	27.0	/	/
dt_O - разлика во времето на отварање	0.0	0.0/2.0	/	0.8	0.8	/	0.8
t_{CO} - време на затварање и отварање	55.0	-10.0/10.0	/	/	/	49.5	/
$dt_{(CO)}$ - разлика во отварањето при CO	0.0	0.0/2.0	/	/	/	0.5	0.9
t_{II} - пауза	300.0	-10.0/10.0	/	/	/	/	300.5
t_{CHS_0} - време на отварање на помошен контакт NO	45.0	-8.0/8.0	50.6	/	/	/	/
t_{CHS_S} - време на отварање на помошен контакт NC	70.0	-8.0/8.0	72.9	/	/	/	/
t_{CHS_W} - време на отварање на помошен контакт W	36.0	-6.0/6.0	37.2	/	/	/	/
t_{OHS_0} - време на затварање на помошен контакт NO	36.0	-6.0/6.0	/	/	40.2	/	/
t_{OHS_S} - време на затварање на помошен контакт NC	24.0	-6.0/6.0	/	/	27.4	/	/
t_{OHS_W} - време на затварање на помошен контакт W	23.0	-6.0/6.0	/	/	23.4	/	/

2.2 Испитување на помошното и управувачкото коло и проверка на конструкцијата

2.2.1 Проверка на помошните и управувачките кола, и верификација на усогласеноста со проектот

Оваа процедура опфаќа:

- Проверка на квалитетот на материјалот, асемблирањето и заштитата од корозија;
- Идентификација на компонентите, приклучоците, каблите и ожичувањето;
- Споредба на управувачките кола со управувачките дијаграми и дијаграмите за ожичување, техничките податоци добиени од производителот (на пример: бројот на помошни контакти и нивната класа);
- Проверка на управувачкиот ормар (електричниот и механичкиот систем), приклучоците за заземјување на прекинувачот.

2.2.2 Функционални испитувања

Функционални испитувања на сите нисконапонски кола треба да се направат за да се потврди правилното функционирање на помошните и управувачките кола. Испитната процедура зависи од природата и копмлексноста на нисконапонското коло на прекинувачот. Работните испитувања на нисконапонските кола, одделните делови и компоненти може да се испуштат ако тие се целосно испитани за време на испитувањето на целиот објект.

Се испитува:

- траење на навивањето на пружината;
- функционални карактеристики на сигурносниот вентил за притисок (мониторинг за SF6 гасот);
- максималните струи за вклучување и исклучување на калемите ;
- отпорот на калемите за вклучување и исклучување;
- струјата на пуштање и работната струја на електро моторите.

Резултатите од испитувањата добиени при повтореното рутинско испитување се прикажани во Табелите бр. 2, 3, 4, 5 и 6.

Табела 2. Измерени вредности на времиња на навивање на пружините за затварање добиени при рутински испитувања (сите вредности се во секунди)

Номинална вредност	Толеранција	Пол А	Пол В	Пол С
11.0	-4.0/1.0	10.7	9.8	9.9

Табела 3. Проверка на мониторинг системот за SF₆ гасот (сите вредности се во bar)

Име на контакт	Номинална вредност	Толеранција	Пол А	Пол В	Пол С	Налог
Загуба на SF ₆	5.20	-0.2/0.0	5.14	5.10	5.09	испад
1. Општа блокада од SF ₆	-0.2	-0.15/0.0	-0.28	-0.25	-0.23	испад
2. Општа блокада од SF ₆	-0.2	-0.15/0.0	-0.29	-0.25	-0.24	испад

Табела 4. Измерени вредности на максималните струи на калемите за затварање и отварање

Калем	Номинален напон V (DC)	Максиамлна струја А		
		Пол А	Пол В	Пол С
C1	220	1.0	0.9	1.0
O1	220	5.1	5.1	5.2
O2	220	5.1	5.1	5.1

Табела 5. Измерени вредности на отпорот на калемите за исклучување и вклучување

Калем	Отпор Ω		
	A	B	C
C1	216.00	222.00	216.00
O1	38.00	38.00	38.10
O2	38.00	38.00	38.20

Табела 6. Измерени вредности на струјата на пуштање и работната струја на моторот

Номинален напон	Струја на пуштање (A)			Работна струја (A)		
	Пол A	Пол B	Пол C	Пол A	Пол B	Пол C
220	9.0	8.9	8.9	1.5	1.4	1.4

2.3 Диелектрични испитувања

Овие испитувања се изведуваат со краткотраен поднослив напон со работна фреквенција. Испитувања се изведуваат:

- помеѓу помошните и управувачките струјни кола меѓусебно поврзани и куќиштето на комутационите уреди;
- помеѓу секој дел од помошните и контролните кола кои во нормален режим на работа може да бидат изолирани од другите делови, и другите делови поврзани заедно и со куќиштето.

Испитниот напонот е 2000 V во траење од 60s. Помошните и контролните кола се смета дека го поминале испитувањето ако на опремата не се појават никакви пробои за време на испитувањето. Нормално, испитниот напон на моторите и другата опрема на помошните и контролните кола треба да биде истиот како и испитниот напон на овие кола. Ако некој од апаратите веќе биле испитуван во согласност со соодветна спецификација, на нив овие испитувања не мора да се вршат.

2.4. Испитување на херметичност

Целта на ова испитување е да се покаже дека апсолутното истекување F не ја надминува специфицираната вредност на дозволеното истекување F_p . Рутинските испитувања се вршат при амбиентна температура и притисок. За системи исполнети со гас може да се употреби дополнување на гас. Конкретниот пример на прекинувач со SF6 гас, претставува “Систем со контролиран притисок на гасот,.. Нивото на релативно истекување F_{rel} треба да се провери со мерење на падот на притисокот Δp за одреден временски период t , кој е доволен да се определи падот на притисок (без надополнување или промена на нивото на притисок). За да се земе во предвид промената на амбиентната температура треба да се направи корекција. За време на овој период уредот за дополнување треба да биде исклучен. Во Табела 7. дадено е дозволеното истекување во зависност од температурата.

Табела 7. Дозволените вредности за привремено ниво на истекување во зависност од температурата

Класа на температурата	Единица мерка	Дозволено привремено ниво на истекување
+40 °C и +50 °C	°C	$3F_p$
Амбиентна температура		F_p
-5/-10/-15/-25/-40 °C	°C	$3F_p$
-50 °C	°C	$6F_p$

Вообичаено при повторените рутински испитувања откако прекинувачот ќе биде целосно монтиран и наполнет со SF6 гас, местата на спојување на цевките се проверуваат, со помош на детектор на гас.

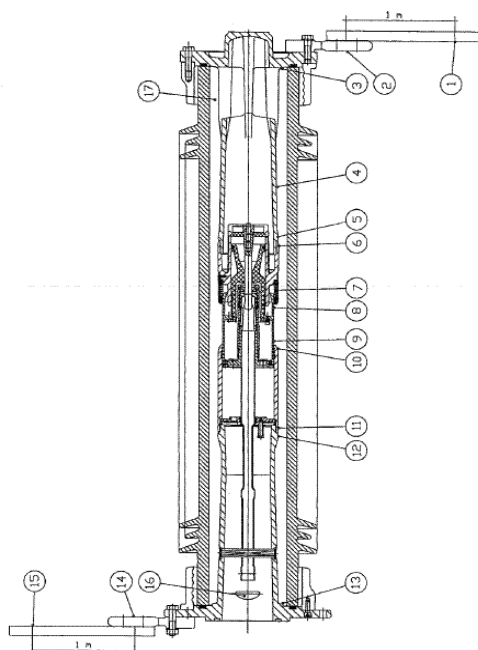
2.5. Мерење на електричниот отпор на главното коло

За рутински испитувања, падот на напон или отпорот на секој пол од главното коло треба да се измери под услови што е можно поблиски со амбиентната температура и точки на мерење на оние под кои соодветниот типско испитување било направено. Отпорноста на главното струјно коло се мери за да се спореди со отпорноста на испитуваниот прекинувач при испитување на порастот на температурата и отпорностите кои се мерат при рутинските испитувања. Мерењето се реализира со еднонасочен напон така што се мери падот на напон помеѓу приклучоците на секој пол. Искуството покажува дека зголемувањето на отпорноста на главното струјно коло не може да е исклучиво причина од лошите контакти или врски. Затоа испитувањата се препорачува да бидат повторени со поголема струја, приближна на номиналната. За рутински испитувања падот на еднонасочниот напон или отпорот на секој пол на главното коло се мери при услови приближни на амбиентната температура и мерни точки според кои се направени соодветните типски испитувања. Струјата за време на испитувањето треба да има вредност 50 А или номинална стандардна струја. Мерениот отпор не треба да премине $1,2 R_u$, каде R_u е еднаква на отпорот мерен пред испитувањето на пораст на температурата при типските испитувања.

PEHLA GESELLSCHAFT FÜR ELEKTRISCHE HOCHLEISTUNGSPRÜFUNGEN
Report No.: 01028a Sheet: 8

Measurement of the Resistance of the Main Circuit

Section View of Test Object with Positions of Thermocouples



Test duty: IEC 60694 clause 6.4
Date of test: October 24 till 26, 2001
Condition of test object before test: new
Ambient air temperature: 24°C

Measurement between points (see sheet 8)	Resistance of the main circuit $\mu\Omega$		
	before ¹⁾	after ¹⁾	
1 - 2	5,1	5,5	
2 - 3	1,4	1,4	-
3 - 4	4,0	4,1	-
4 - 5	2,6	2,6	-
5 - 6	0,3	0,3	-
6 - 8	3,8	3,8	-
8 - 9	1,8	1,8	
9 - 10	1,6	1,7	
10 - 11	1,8	1,9	-
11 - 12	0,3	0,3	-
12 - 13	4,0	4,0	-
13 - 14	1,9	2,0	-
14 - 15	4,2	4,5	-
2 - 14	23,4	23,8	-

Слика 7. Резултати од мерења на отпорот на главното коло потребни за споредба при типското испитување на порастот на температура

Забелешка: Во првата колона се дадени точките помеѓу кои е извршено мерењето. Во втората колона се резултатите од мерењата пред испитувањето на пораст на температурата, а во третата колона после испитувањето на порастот на температурата. Електричниот отпорот е измерен со струја од 100 А d.c.

Во Табела 8. се прикажани вредностите на падот на напонот на главното коло измерени за време на рутинските испитувања.

Табела 8. Измерени вредности на падот на напонот на главното коло за време на рутинските испитувања (вредностите се во mV)

Номинална вредност	Толеранција	Пол А	Пол В	Пол С
2.5	-0.4/0.4	2.2	2.4	2.3

Со сведување на резултатите добиени за време на типските испитувања измерени помеѓу точките 2 и 14 од слика 7, кој всушност претставува отпорот помеѓу приклучоците на прекинувачот, во Ω добиваме:

$$23,4 \approx 2,2 (2,4)(2,3) \times 10^{-5} \mu\Omega$$

Отпорностите добиени при рутинските испитувања се еквивалентни на отпорот добиен при типското испитување.

2.6. Диелектрични испитувања на главното коло

Диелектричното испитување мора да се изврши после механичкото рутинско испитување. Во случај на прекинувач, кога проводните изолатори се претходно испитани во согласност со релевантните IEC стандарди, испитувањето при влажни услови може да се изостави.

Диелектричните испитувања се вршат на комплетно монтиран прекинувач со управувачка опрема, како во работни услови, надворешната, површинска изолација треба да биде чиста. Прекинувачот и управувачката опрема за време на испитувањето треба да биде монтиран со минимални растојанија и со висини пропишани од производителот. Ако опремата за време на испитувањето е поставена на одредена висина од земјата која е помала од висината над земјата на која опремата ќе се постави во погон, се смета дека испитувањето е задоволително. За предметниот SF6 прекинувач испитувањето е изведено при минимален работен притисок на SF6 гасот.

Испитување со краткотраен подносив напон со работна фреквенција на суво се изведува во согласност со [3], на комплетен апарат или на одделните полови, или на транспортните единици во нова, чиста и сува состојба. Испитниот напон се покачува и испитната вредност се приложува во времетраење од 1 минута.

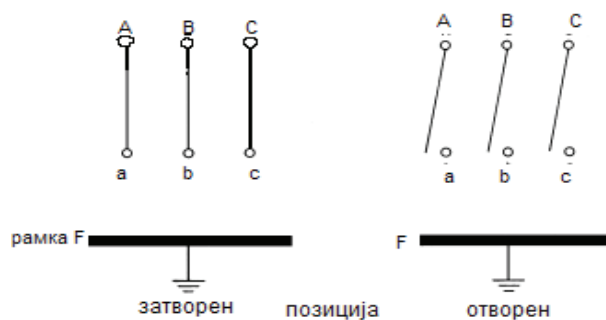
Табела 9. Вредности на номиналниот краткотраен подносив напон со работна фреквенција за прекинувачи со номинален напон од 123 и 145 kV

Номинален напон U_r , kV (r.m.s)	Номинален краткотраен подносив напон со работна фреквенција U_d , kV (r.m.s)	
	заедничка вредност	на краевите на изводите
123	185	210
	230	265
145	230	265
	275	315

Испитниот напон треба да биде како што е специфициран во Табела бр. 9.

Во случај на прекинувач конструиран со асемблирање на идентични прекинувачки и вклучувачки единици во серија, испитниот напон донесен на секоја поедина единица, кога е отворен, треба да биде поголем од вкупниот испитен напон со работна фреквенција, распределен по прекинувачот приложен на краевите на прекинувачот, целосно отворен и едниот приклучок заземјен.

Шемата на поврзување на прекинувачот при испитувањето треба да биде како на слика 8, а напонот да се приложи според табела 10.



Слика 8. Шема на поврзување на триполен прекинувач при диелектрично испитување

Табела 10. Приложување на напон за диелектрично испитување на главното коло

Испитен услов	Прекинувач	Приложен напон	Земја поврзана на
1	Затворен	AaCc	BbF
2	Затворен	Bb	AaCcF
3	Отворен	ABC	abcF

Забелешка: ако изолацијата помеѓу половите е воздух на атмосферски притисок, испитните услови број 1 и 2 може да се комбинираат. Испитниот напон се приложува помеѓу сите делови на главното коло поврзани помеѓу себе и основата.

3. ЗАКЛУЧОК

Сомневање во квалитетот на опремата од познатите светски производители на високонапонска опрема не треба да има. Производителот нема да дозволи присуство на повторено рутинско испитување на производ кој претходно не го поминал рутинското испитување.

Присуството на повторените рутински испитувања на опремата, претставува големо искуство за секој инженер. Деталниот пристап кон рутинските испитувања на прекинувачите како еден од покомплексните уреди на постројките, треба да биде пракса и за целата високонапонска опрема која ја вградуваме во нашите постројки.

4. ЛИТЕРАТУРА

- [1] IEC62271-100 “High-voltage switchgear and controlgear- Part 100: High-voltage alternating-current circuit-breakers,,
- [2] IEC60694 “Common specifications for high-voltage switchgear and controlgear standards,,
- [3] IEC6006-1 “High voltage test technics,,
- [4] Ева Шуклева, Семинарска работа “Номинални карактеристики, типски и рутински испитувања, неопходни карактеристики при нарачка и доставување на понуда и конкретен пример за 110 kV прекинувачи,, ЕТФ Скопје, 2009
- [5] Испитни протоколи од типски и рутински испитувања на 110 kV прекинувач тип 3AP1-FI, од производителот SIEMENS, Германија