

ТЕХНИЧКА ПРЕПОРУКА бр.46

ЗАШТИТА ДИСТРИБУТИВНИХ ЕНЕРГЕТСКИХ ТРАНСФОРМАТОРА У ТС35/10(20) kV и ТС 110/X kV

IV издање
мај 2001.

ИЗДАВАЧ: ЈП ЕПС ДИРЕКЦИЈА ЗА ДИСТРИБУЦИЈУ
ЕЛЕКТРИЧНЕ ЕНЕРГИЈЕ СРБИЈЕ
БЕОГРАД, Војводе Степе 412
Техничко уређење: Т. Бојковић, Б. Фундук и С. Рафаиловић
Коректура: Т. Бојковић, Б. Фундук и С. Рафаиловић
Рачунарска обрада
цртежа: Аца Дренковић и Биљана Стојановић
Штампа: "МСТ Гајић" Београд
Тираж: 500 примерака

Ово издање препоруке се разликује од предходних издања што се сада акценат даје примени нових технологија, пре свега систему микропроцесорске заштите и управљања, али се равноправно третира и "класичан" систем, посебно у домену остварења одређених функција заштите и управљања.

*Радна група за израду ТП-46
мај 2001.*

Из архиве:

На основу предлога уже Радне групе, Комисија за техничка питања при Пословном удружењу електродистрибуције Србије издаје:

**ТЕХНИЧКУ ПРЕПОРУКУ бр. 46
ЗАШТИТА ДИСТРИБУТИВНИХ ЕНЕРГЕТСКИХ
ТРАНСФОРМАТОРА У ТС 35/10(20) kV и ТС 110/X kV**

III издање

Предложена решења су у складу са садашњим техничким и економским могућностима у електродистрибутивним организацијама.

Чланови Комисије за техничка питања:

- 1 Јован Милић, Председник Комисије, "Електродистрибуција" Београд
- 2 др Драгутин Станојевић, "Електродистрибуција" Београд
- 3 Бранко Танасијевић, "Електросрбија" Краљево
- 4 мр Јосиф Спирић, "Електродистрибуција" Лесковац
- 5 Бране Нијемчевић, "Електрошумадија" Крагујевац
- 6 Миодраг Павковић, "Електротимок" Зајечар
- 7 Милоје Јездимировић, "Електродистрибуција" Т. Ужице
- 8 Станиша Тасић, "Електродистрибуција" Врање
- 9 Зоран Манчић, "Електродистрибуција" Пирот
- 10 Златко Гавран, "Електроморава" Пожаревац
- 11 Панта Грковић, "Електрокосово" Приштина
- 12 Лука Георгијевић, "Електровојводина" Нови Сад
- 13 Томислав Бојковић, Пословно удружење ЕД Србије Београд
- 14 Федора Лончаревић, Пословно удружење ЕД Србије Београд
- 15 Крсто Жижић, Пословно удружење ЕД Србије Београд.

Чланови Комисије за релејну заштиту:

- 1 Светозар Ламбрин, "Електродистрибуција" Београд
- 2 Милан Никитовић, "Електродистрибуција" Т. Ужице
- 3 Братислав Петровић, "Електродистрибуција" Ниш
- 4 Станисав Јасенко, "Електротимок" Зајечар
- 5 Никола Божиллов, "Електросрбија" Краљево
- 6 Борислав Недељковић, "Електровојводина" Нови Сад
- 7 Властимир Пауновић, "Електрокосово" Приштина
- 8 Мика Ковачевић, "Електрошумадија" Крагујевац
- 9 Томислав Бојковић, Пословно удружење ЕД Србије Београд.

Чланови Радне групе:

- 1 Слободан Рафаиловић, "Електродистрибуција" Београд
- 2 Борислав Недељковић, "Електровојводина" Нови Сад
- 3 Владимир Обочки, "Електровојводина" Нови Сад
- 4 Властимир Пауновић, "Електрокосово" Приштина
- 5 Никола Божиллов, "Електросрбија" Краљево
- 6 Томислав Бојковић, Пословно удружење ЕД Србије Београд.

децембар 1987.

На основу предлога Радне групе, Технички савет ЕПС-а - Дирекција за дистрибуцију електричне енергије Србије је на 163.-ом састанку који је одржан 23 маја 2001. године у Крагујевцу донео одлуку: **усваја се**

ТЕХНИЧКА ПРЕПОРУКА бр. 46
ЗАШТИТА ДИСТРИБУТИВНИХ ЕНЕРГЕТСКИХ
ТРАНСФОРМАТОРА У ТС 35/10(20) kV и ТС 110/X kV
- IV издање -

Предложена решења су у складу са важећим прописима и стандардима и задовољавају захтеве сигурности, функционалности и економичности.

Чланови Техничког савета:

- 1 мр Миладин Танасковић, Председник Техничког савета, "Електродистрибуција" Београд
- 2 мр Зоран Ристановић, "Електровојводина" Нови Сад
- 3 мр Драган Балкоски, ЕПС Београд
- 4 мр Александар Јањић, "Електродистрибуција" Лесковац
- 5 Драган Новаковић, "Електродистрибуција" Београд
- 6 Десимир Богићевић, "Електросрбија" Краљево
- 7 Милоје Јездимировић, "Електродистрибуција" Ужице
- 8 Миодраг Миљковић, "Електродистрибуција" Врање
- 9 Миодраг Ристић, "Електромирава" Пожаревац
- 10 Миодраг Анђелковић, "Електрокосмет" Приштина
- 11 Митар Алексић, "Електрошумадија" Крагујевац
- 12 Драгољуб Здравковић, "Електродистрибуција" Ниш
- 13 Светозар Гламочлија, ЕП Републике Српске Бања Лука
- 14 Жарко Мићин, "Електровојводина" Нови Сад
- 15 Златибор Павловић, "Електротимок" Зајечар
- 16 Бранко Јакшић, "Електросрбија" Шабац
- 17 Федора Лончаревић, ЕПС-Дирекција за дистрибуцију Београд
- 18 Слободан Кујовић, ЕПС-Дирекција за дистрибуцију Београд.

Чланови Радне групе:

- 1 Богдан Фундук, "Електродистрибуција" Београд
- 2 мр Зоран Ристановић, "Електровојводина" Нови Сад
- 3 Слободан Рафаиловић, "Електродистрибуција" Београд
- 4 Владимир Доганчић, "Електродистрибуција" Ужице
- 5 Мика Ковачевић, "Електрошумадија" Крагујевац
- 6 Милосав Филиповић, "Електросрбија" Краљево
- 7 Горан Костић, "Електродистрибуција" Ниш
- 8 Никола Божилов, "Минел - Аутоматика" Краљево
- 9 Дејан Меловић, "Електровојводина" Нови Сад
- 10 Милан Никитовић, "Електродистрибуција" Ужице
- 11 Никола Гашић, ЕПС - Дирекција за дистрибуцију Београд
- 12 Томислав Бојковић, ЕПС - Дирекција за дистрибуцију Београд.

мај 2001.

1 ЗАШТИТА ЕНЕРГЕТСКИХ ТРАНСФОРМАТОРА У ТС 35/10(20) kV

1.1 За заштиту енергетских трансформатора преносног односа 35/10,5 kV и 35/21 kV (у даљем тексту: ЕТ 35/X kV), назначених снага 4 MVA и 8 MVA, користи се:

- основна заштита од унутрашњих кварова;
- резервна заштита;
- заштита од преоптерећења;
- заштита од пренапона.

1.2 Основна заштита ЕТ-а служи за брзо и селективно искључење ЕТ-а код појаве унутрашњих кварова (кратак спој, земљоспој итд.). Основну заштиту сачињавају:

- Бухолцова заштита;
- земљоспојна заштита (заштита кућишта ЕТ-а).

За ЕТ-е 35/X kV не користи се диференцијална заштита.

1.3 Бухолцова заштита ЕТ-а се изводи помоћу гасног релеа са два пловка (JUS N.H1.050). Реле се налази у спојној цеви између трансформаторског суда и конзерватора. Први пловак релеа затвара свој контакт и даје сигнал у случају појаве гасова у трансформаторском суду. Други пловак релеа затвара свој контакт преко кога се одмах искључују прекидачи у оба трафо поља у случају наглог пораста притиска уља, појаве гасова или опадања нивоа уља испод дозвољеног.

1.4 Земљоспојна заштита ЕТ-а се изводи као заштита кућишта (трансформаторског суда) - ZK. Овом заштитом су обухваћени кварови према маси на намотајима ЕТ-а као и прескоци са проводних изолатора на масу.

Трансформаторски суд треба да буде изолован у односу на темељ, а командно сигнални каблови на ЕТ-у (за Бухолц реле, термостат, контактни термометар) треба да буду без металног плашта и арматуре. Бетонски темељ ЕТ-а (ТП-126) има довољно велику прелазну отпорност у односу на уземљење постројења и није потребно предузимати додатних мера изолације темеља.

Мерни реле земљоспојне заштите кућишта ZK је за назначену струју 5 А, најмањег опсега подешавања (1 - 3) А. Реле се прикључује на секундар струјног трансформатора 150/5 А, 1 kV (види ТП-6), преко чијег примара се трансформаторски суд ЕТ-а прикључује на уземљивач постројења.

Заштита кућишта ZK делује без временске задршке.

1.5 Резервна заштита ЕТ-а служи за искључење ЕТ-а при отказивању рада основне заштите, као и у случају отказивања рада појединих заштита водова или сабирница. Користи се:

- резервна прекострујна заштита R_{I_1} ;
- резервна краткоспојна заштита - краткоспојна заштита сабирница ZS и заштита од отказивања рада прекидача ZOP;
- резервна земљоспојна заштита R_{I_0} .

- 1.6 **Резервна прекострујна заштита $RI_{1>}$** је трофазна максимална струјна временски независна заштита и налази се на примарној (35 kV) страни. Мерни реле $I_{1>}$ ове заштите је назначене струје 5 А и најмањег опсега подешавања (5-15) А. Заштита делује са временском задршком најмањег опсега подешавања (0,2-3) s. Мерни релее ове заштите прикључују се на струјне трансформаторе у трафо пољу 35 kV.
- 1.7 **Краткоспојна заштита сабирница ZS** (ТП-4а1) има и функцију резервне краткоспојне заштите ЕТ-а. Делује на искључење ЕТ-а са временском задршком 0,1 s до 0,2 s при кратком споју на сабирницама 10 kV (20 kV) или при отказивању рада краткоспојне заштите $I_{>>}$ водова 10 kV (20 kV). **У случају да при кратком споју на неком воду дође до отказивања рада прекидача на воду, треба да делује заштита од отказивања рада прекидача ZOP и да искључи ЕТ са временском задршком до 0,5 s.**
- 1.8 **Резервна земљоспојна заштита $RI_{0>}$ на страни 35 kV** је монофазна максимална струјна временски независна заштита која делује са временском задршком најмањег опсега подешавања (0,2-3) s. **Мерни реле** ове заштите је назначене струје 5 А и најмањег опсега подешавања (1-3) А, а прикључује се на обухватни кабловски трансформатор преносног односа 300/5 А или 250/5 А, или у неутрални проводник звездишта које образују секундари три струјна трансформатора у трафо пољу 35 kV, који служе и за напајање резервне прекострујне заштите $RI_{1>}$ ЕТ-а.
Резервна земљоспојна заштита је једновремено основна земљоспојна заштита прикључног кабла 35 kV, односно струјних веза од струјних трансформатора до проводних изолатора 35 kV на поклопцу ЕТ-а.
- 1.9 Функцију резервне земљоспојне заштите ЕТ-а на страни 10 kV (20 kV) има резервна земљоспојна заштита водова (ТП-4а1). Ова заштита има такође и функцију основне земљоспојне заштите сабирница 10 kV (20 kV).
- 1.10 **Заштита од преоптерећења ЕТ-а** треба благовремено да сигналише појаву недозвољеног оптерећења и да по потреби изврши растерећење или искључење ЕТ-а. Ова заштита треба једновремено да омогући боље коришћење снаге ЕТ-а.
За заштиту од преоптерећења ЕТ-а 35/X kV користе се следећи заштитни уређаји:
- 1.10.1 **Контактни термометар** за спољашњу монтажу, са два контакта. Првим контактом, који се подешава на 80°C, врши се сигнализација недозвољеног оптерећења ЕТ-а, док се другим контактом врши растерећење или искључење ЕТ-а када температура уља достигне 95°C.
- 1.10.2 **Термостат** за спољашњу монтажу, ако га испоручилац ЕТ-а уграђује као поузданију заштиту од контактеног термометра. Састоји се од мерног отпорника Pt 100 DIN 43760 који при 0°C има отпорност 100 Ω , а уграђује се у цеп термометра на поклопцу ЕТ-а.
Термостат се подешава на 95°C, а треба да буде тачности $\pm 1^\circ\text{C}$. У овом случају контактни термометар служи само за визуелну кон-

- тролу температуре уља и сигнализацију недозвољеног оптерећења ЕТ-а, али не и за растерећење (искључење) ЕТ-а.
- 1.10.3 **За ЕТ назначене снаге 8 MVA препоручује се и коришћење монофазне максималне струјне временски независне заштите $I_{r>}$ назначене струје 5 А, најмањег опсега подешавања мерног релеа (3-9) А. Заштита треба да делује на растерећење (искључење) ЕТ-а са временском задршком од 10 минута ако оптерећење ЕТ-а нарасте изнад $1,6 \cdot I_n$, где је I_n назначена примарна струја на главном изводу премештача.**
- Мерни реле ове заштите се прикључује на струјни трансформатор фазе "В" у трафо пољу 35 kV и везује се редно са мерним чланом резервне прекострујне заштите ($R_{I_{r>}}$, тачка 1.6).
- Прекострујна заштита $I_{r>}$ може да буде изостављена ако је функција "преоптерећења" вода реализована кроз рад SCADA система или заштите вода.
- 1.10.4 Треба посветити посебну пажњу и "превентивној заштити" од преоптерећења, која се састоји у редовном праћењу оптерећења, правилном прогнозирању оптерећења, као и благовременом активирању нових ТС X/10(20) kV.
- 1.11 **Заштита од пренапона** се примењује у склопу ефикасних мера координације изолације у мрежи и постројењу.
- Поступак координације изолације опреме** у оквиру система заштите и управљања спроводи се према стандарду JUS IEC 71.
- Основну заштиту ЕТ-а од пренапона чине одводници пренапона. Користе се цинкоксидни (ZnO) одводници (IEC 99-4) или вентилни одводници (IEC 99-1) пренапона.
- Одводници пренапона се монтирају што ближе прикључцима ЕТ-а и што краћим везама прикључују на фазне проводнике и уземљивач ТС.
- Одводници пренапона могу да изостану са прикључка оног намотаја који напаја кабловску мрежу.
- Ако се крајеви намотаја 10 kV (20 kV) штите одводницима пренапона, тада треба заштитити и неутралну тачку овог намотаја ако је изолована од земље.
- Препоручује се да се на оба напонска нивоа употреби исти тип одводника пренапона.
- Карактеристике одводника пренапона** дате су у тачкама 2.16 и 2.17.

2 ЗАШТИТА ЕНЕРГЕТСКИХ ТРАНСФОРМАТОРА 110/X kV

2.1 За заштиту ЕТ-а преносног односа 110/10,5 kV, 110/36,75/10,5 kV, 110/21/10,5 kV и 110/21 kV (у даљем тексту: ЕТ 110/X kV) користи се:

- основна заштита од унутрашњих кварова;
- резервна заштита;
- заштита од преоптерећења;
- заштита од пренапона;
- остала заштита.

2.2 Основну заштиту ЕТ-а 110/X kV сачињавају:

- Бухолцова заштита;
- диференцијална заштита.

За ЕТ-е 110/X kV се не користи заштита кућишта (котла).

2.3 Бухолцова заштита ЕТ-а има намену према тачки 1.3 ове препоруке, а конструктивно треба да задовољи и захтеве ТП-11.

2.4 Диференцијална заштита ЕТ-а (Δi) се састоји од трофазног диференцијалног релеа назначене струје 1 A / 5 A, са троструком стабилизацијом (неосетљивошћу): на кварове изван штићене зоне, на велике струје магнећења при укључењу ЕТ-а (стабилизација помоћу другог хармоника) и на велике струје магнећења при знатном повишењу напона (стабилизација помоћу петог хармоника).

Диференцијална заштита треба да има и нестабилисан прекострујни мерни реле за брзо деловање код врло великих струја (реда $10 \cdot I_n$ до $20 \cdot I_n$).

Диференцијална заштита се напаја из посебних језгара струјних трансформатора у трафо пољима. Изједначавање (по величини и по фази) сведених примарних (улазних) и излазних струја ЕТ-а врши се на самом релеу или преко струјних међутрансформатора (сл.4.2).

Диференцијална заштита ЕТ-а се опрема посебном утичницом за испитивање у погону и изван погона.

2.5 Резервну заштиту ЕТ-а сачињавају:

- резервна прекострујна заштита $R_{I_1 >}$;
- резервна краткоспојна заштита: заштита сабирница ZS и заштита од отказивања рада прекидача ZOP;
- резервна земљоспојна заштита.

2.6 Резервна прекострујна заштита $R_{I_1 >}$ је трофазна максимална струјна временски независна заштита, а делује са временском задршком најмањег опсега подешавања (0,2-3)s. Мерни прекострујни релеи $I_1 >$ ове заштите су за назначену струју 1 A и најмањи опсег подешавања (1-3) A, везују се редно са заштитом од преоптерећења ЕТ-а (тачка и сл.2.10) и заштитом од трајног несиметричног оптерећења (тачка и сл.2.17.3), и прикључују на трећа језгра струјних трансформатора у трафо пољу 110 kV.

Резервна прекострујна заштита $R_{I_1 >}$ је "последња" заштита ЕТ-а у ТС, па мора да делује и при отказивању комплетне основне заштите ЕТ-а и комплетне краткоспојне заштите постројења нижег

напона због нестанка једносмерног напона акубације преко које се напајају и делују ове заштите. Зато ова заштита мора да задовољи следеће затеве:

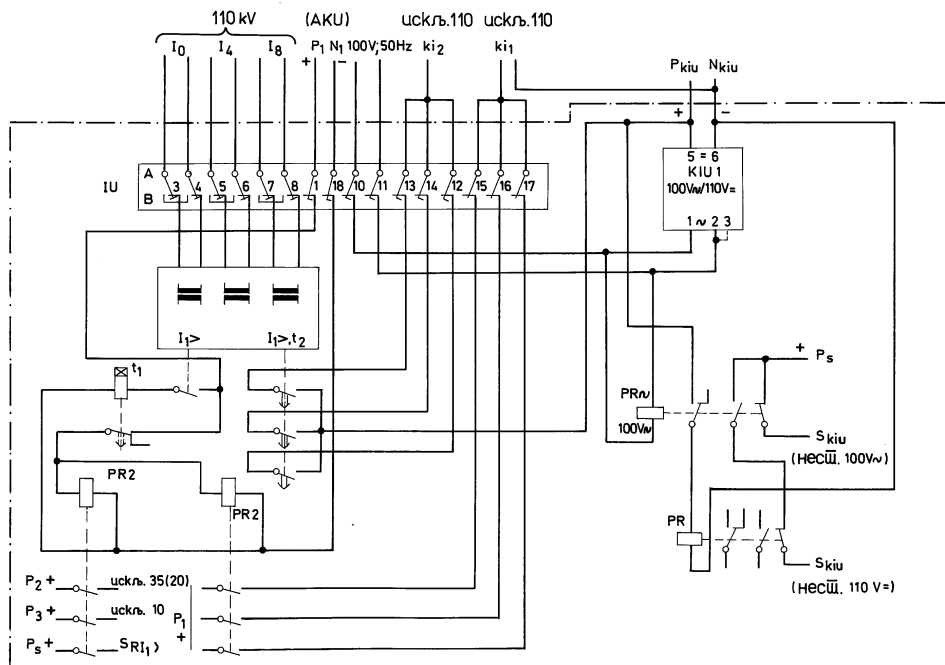
2.6.1 Када се комплетна заштита постројења напаја једносмерним напоном једне акубације, тада **резервна прекострујна заштита R_{I_1}** > треба (сл.2.6.1):

- **да је са аутономном побудом**, што значи да за свој рад не користи једносмерни напон акубације, и то како за мерне релее I_1 >, тако и за временски реле t_2 ;
- да у "нормалним" условима делује на искључење прекидача у свим трафо пољима преко акубације, при чему се искључење прекидача у трафо пољу 110 kV изводи преко "првог" калема за искључење k_{11} , и да у случају да из било којих разлога нестане једносмерни напон акубације **заштита делује на искључење прекидача у трафо пољу 110 kV преко кондензаторског исклопног уређаја (KIU)** и "другог" калема за искључење k_{12} , који има искључиво ту намену.

Претходне захтеве задовољава, на пример, заштита изведена са електромеханичким прекострујним мерним релеима I_1 > и временским релеом t_2 који се напаја из засићеног струјног трансформатора прикљученог на струјне трансформаторе на које су прикључени и мерни релеи I_1 > ове заштите, док се временски реле t_1 напаја из акубације. На сл.2.6.1 дат је пример извођења таквог решења резервне прекострујне заштите R_{I_1} > за случај заштите тронамотајног ЕТ-а 110/36,75/10,5 kV када се у трафо пољу 110 kV користи трополни прекидач са једним (заједничким) погоном. Уколико би се у трафо пољу 110 kV употребила три једнополна прекидача са независним погонима, треба да се употребе три KIU-а (за сваки калем за искључење k_{12} по један KIU). На сл.2.6.1 приказана је и сигнализација нестанка напона на KIU-у, и то како улазног наизменичног напона 100 V, 50 Hz, тако и излазног једносмерног напона 110 V = (ова два сигнала могу да се групишу у један).

Дозвољена су и друга решења, под условом да се оствари функција деловања ове заштите из два независна извора помоћног напона, преко два калема за искључење прекидача k_{11} и k_{12} у трафо пољу 110 kV.

2.6.2 **Када се у ТС 110/X kV користе две акубације, тада се користе две резервне прекострујне заштите $1R_{I_1}$ > и $2R_{I_1}$ >**, изведене као трофазне максималне струјне временски независне заштите које делују са временском задршком најмањег опсега подешавања (0,2-3) s. **Мерни релеи** ових заштите су за назначену струју 1 A и најмањи опсег подешавања (1-3) A. При томе комплетно напајање (побуда и деловање) "прве" заштите $1R_{I_1}$ > иде преко "прве" акубације и "првог" калема за искључење прекидача k_{11} у трафо пољу 110 kV, а комплетно напајање "друге" заштите $2R_{I_1}$ > иде преко "друге" акубације и "другог" калема за искључење k_{12} .



$I_{1>}$ - трофазни прекострујни реле са аутономном побудом (1-3) A; t_1 - временски реле (0,2-3) с напајан из акубаторије; t_2 - временски реле (0,2-3) с аутономном побудом; KIU - кондензаторски исклопни уређај 110 V~/110 V =; IU - испитна утичница; PR - помоћни реле; K_{t1} , K_{t2} - калемови за искључење прекидача 110 kV; AKU - акубаторија; $S_{RI1>}$ - сигнализација деловања $RI_{1>}$; S_{KIU} - сигнализација нестанка напона KIU-a.

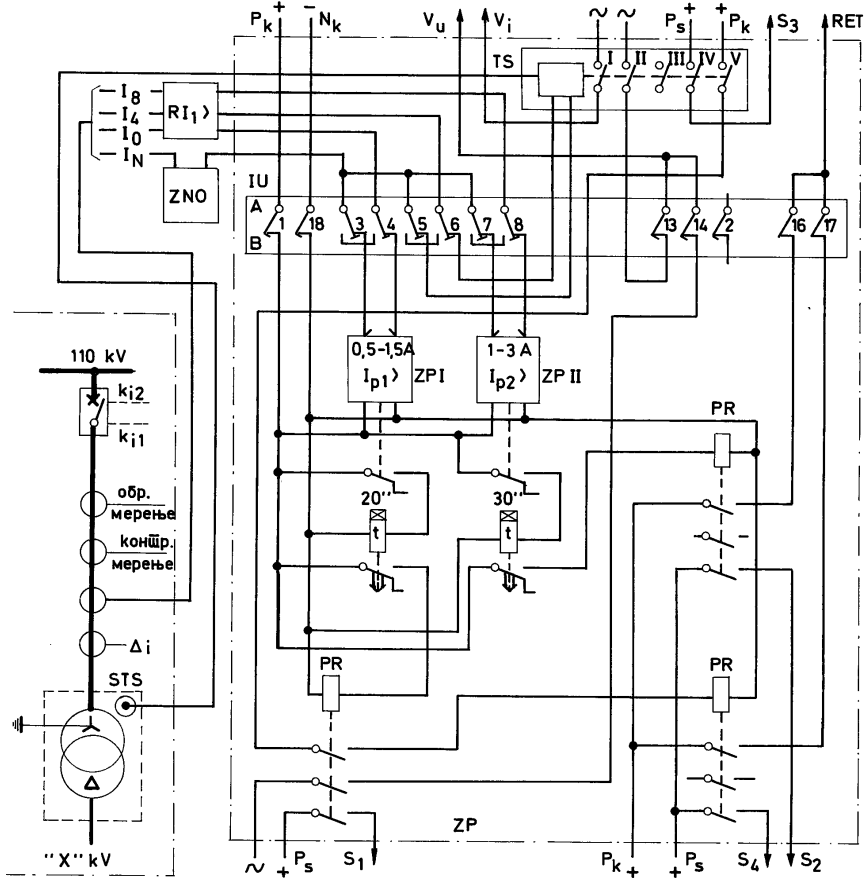
Сл.2.6.1: Резервна прекострујна заштита $RI_{1>}$ у трафо пољу 110 kV

- 2.6.3 Код тронамотајних ЕТ-а код којих се терети и терцијер, поред резервне прекострујне заштите $RI_{1>}$ изведене према тачкама 2.6.1 и 2.6.2 треба да се изведе и резервна прекострујна заштита терцијера $RI_{3>}$, као и резервна прекострујна заштита секундара $RI_{2>}$ ако се и назначена снага секундара разликује од назначене примарне (улазне) снаге ЕТ-а. Заштита се изводи као трофазна максимална струјна временски независна, а делује са временском задршком најмањег опсега подешавања (0,2-3) s. Мерни прекострујни релее ових заштита су за назначену струју 5 A и најмањи опсег подешавања (3-9) A. Напајање и деловање ових заштита је из акубаторије.
- 2.6.4 Резервне прекострујне заштите $RI_{1>}$, $RI_{2>}$ и $RI_{3>}$ опремају се посебним утичницама за испитивање у погону и изван погона.
- 2.7 Краткоспојна заштита сабирница ZS 10 kV, 20 kV и 35 kV у ТС 110/X и заштита од отказивања рада прекидача ZOP постројења изводи се према ТП-4а1.
- 2.8 Резервна земљоспојна заштита на страни 110 kV посебно се не изводи јер њену функцију обављају резервна прекострујна заштита $RI_{1>}$ и заштита од несиметричног оптерећења ZNO.

- 2.9 Функцију резервне земљоспојне заштите ЕТ-а на ниженапонској страни (10 kV, 20 kV, 35 kV) има резервна земљоспојна заштита водова. Карактеристике ове заштите дате су у ТП-4а1.
Ова заштита има такође и функцију основне земљоспојне заштите сабирница ниженапонске стране (10 kV, 20 kV, 35 kV).
- 2.10 **Заштита од преоптерећења ЕТ-а ZP** (сл.2.10) треба благовремено да упозори на појаву недозвољених оптерећења и да по потреби изврши растерећење или искључење ЕТ-а. Ова заштита треба да омогући оптимално коришћење снаге ЕТ-а у складу са стандардима JUS.N.H1.016 и IEC 354 (види ТП-11 и Додатак ТП-11).
Заштита од преоптерећења се састоји од термичке слике TS (сл.2.10.3) и два степена (модула) прекострујне заштите (ZP1 и ZP2).
Заштита од преоптерећења ЕТ-а 110/X kV треба да ради на следећи начин:
- 2.10.1 Ако оптерећење ЕТ-а нарасте изнад I_n , где је I_n вредност назначене примарне струје на главном изводу регулационе преклопке, реагује **први степен ове заштите ZP1** кога чини монофазни прекострујни реле I_{p1} , који после подешене временске задршке од 20 s даје сигнал прекорачења назначене струје ЕТ-а (сигнал А1), даје команду за укључење вентилатора ЕТ-а и припрема коло за растерећење ЕТ-а, које ће и да уследи када се затвори гранични контакт термичке слике (редна веза ова два контакта омогућава да поједини изводи обухваћени овим растерећењем могу брзо да се укључе ако се тиме не нарушава однос: $I_1 < I_n$, остварен растерећењем).
- 2.10.2 Ако оптерећење ЕТ-а нарасте изнад $1,7 \cdot I_n$, реагује **други степен ове заштите ZP2**, кога чини монофазни прекострујни реле I_{p2} , који после подешене временске задршке од 30 s растеређује ЕТ.
- 2.10.3 **Термичка слика TS** (сл.2.10.3) мери ("пресликава") температуру најтоплије тачке намотаја ЕТ-а.
Термомодел термичке слике (мерни претварач) ради на принципу комбинованог мерења температуре најтоплије тачке уља помоћу отпорног термометра и грејног намотаја кроз који протиче струја сразмерна струји намотаја 110 kV у средњој фази (фаза "1V"), која се добија из струјног трансформатора у трафо пољу 110 kV.
Отпорни термометар је мерни уређај који се састоји од мерног отпорника Pt 100 DIN 43760 који при 0°C има отпорност 100 Ω и уграђује се у џеп термометра на поклопцу ЕТ-а. Да би се компензовао утицај отпорности прикључних проводника који повезују отпорни термометар са термомоделом термичке слике, користи се регулациони отпорник од 5 Ω .
Комплетна термичка слика испоручује се заједно са ЕТ-ом.
Помоћу термичке слике се врши командовање вентилаторима (укључење када температура намотаја достигне 80°C и искључење када температура намотаја опадне испод 70°C), **сигналише се појава недозвољеног оптерећења и на крају се врши растерећење или искључење ЕТ-а** (преко граничног контакта термичке слике у комбинацији са ZP1).

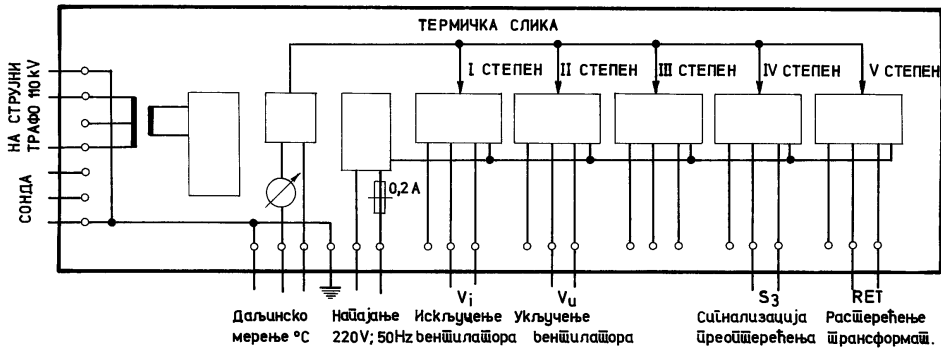
Произвођач ЕТ-а треба да да податке о температурама деловања појединих степена термичке слике и о начину прикључења, подешавања и коришћења термичке слике.

Преко термомодела термичке слике врши се и **мерење температуре најтоплије тачке намотаја и уља**. Мерење се врши локално у ТС преко станичног рачунара и/или преко електричног показног инструмента са преклопником за избор мерења температуре намотаја или уља и даљински у надређеном диспечерском центру.



ZP - заштита од преоптерећења; ZP1 - први степен ZP-а; ZP2 - други степен ZP-а; TS - термичка слика; sTS - сонда термичке слике, Pt 100 DIN; $I_{p1}>$ - прекострујни реле (0,5-1,5) A; $I_{p2}>$ - прекострујни реле (1-3) A; t - временски реле (3-60) s; PR - помоћни реле; RET - растеређење ЕТ-а; V_u (V) - укључење (искључење) вентилатора ЕТ-а; ZNO - заштита од несиметричног оптерећења; $RI_1>$ - резервна прекострујна заштита примара ЕТ-а; Δi - диференцијална заштита; IU - испитна утичница; S - сигнализација деловања ZP-а; S_1 - прекорачење назначене струје ЕТ-а ($I_1 > I_n$); S_2 - растеређење ЕТ-а, деловање ZP2 ($I_1 > 1,7 \cdot I_n$); S_3 - упозорење пред растеређењем ЕТ-а; S_4 - растеређење ЕТ-а деловањем TS.

Сл.2.10: Заштита од преоптерећења ЕТ-а 110/X kV



Сл.2.10.3: Термичка слика ЕТ-а

- 2.10.4 Мерни прекострујни релее I_{p1} и I_{p2} су за назначену струју 1 А, најмањег опсега подешавања (0,5-1,5) А за I_{p1} и (1-3) А за I_{p2} и прикључују се на струјне трансформаторе у трафо пољу 110 kV, и то у фазе "0" и "8", док се термичка слика прикључује на струјни трансформатор у фази "4" (фаза "1V" ЕТ-а).
- 2.10.5 **Деловањем заштите од преоптерећења треба да се растерети ЕТ тако што се искључује одређени број извода на ниженапонској страни.** Број искључених извода се одређује тако да се оптерећење ЕТ-а сведе на вредност мању од назначене ($I_1 < I_n$). За растерећење могу да се одаберу изводи који се искључују деловањем аутоматског фреквентног растерећења (AFR), при чему се искључују изводи три степена, па ако то није довољно искључује се након 10 s и четврти степен.
- 2.10.6 Заштита од преоптерећења (ZP1, ZP2, TS) се опрема утичницом за испитивање у погону и изван погона.
- 2.11 **За тронамотајни ЕТ се користи једна термичка слика.** Да не би дошло до преоптерећења терцијера, треба обратити посебну пажњу "превентивној заштити" редовним праћењем оптерећења, или може да се примени термички реле чија је временска константа загревања прилагођена терцијерном намотају. Исто важи и за секундарни намотај чија је назначена снага мања од назначене снаге примарног намотаја.
- 2.12 **"Превентивна заштита" од преоптерећења** се састоји у редовном праћењу оптерећења за сваки намотај ЕТ-а, правилном прогнозирању оптерећења у редовном и хаваријском погону, као и благовременом активирању нових ТС 110/X kV.
- 2.13 **Контактни термометар се код ЕТ-а 110/X kV користи само за визуелну контролу температуре уља** испод поклопца, али не и за растерећење или искључење ЕТ-а при преоптерећењу. Контактни термометар је за спољашњу монтажу, са два контакта: једним се укључују вентилатори ЕТ-а када температура уља нарасте на 70°C, а другим се искључују вентилатори када температура уља опадне испод 60°C.

2.14 **Заштита од пренапона** се примењује у склопу ефикасних мера координације изолације у мрежи и постројењу.

Поступак координације изолације опреме у оквиру система заштите и управљања спроводи се према стандарду JUS IEC 71.

Основну заштиту ЕТ-а од пренапона чине одводници пренапона
Не препоручује се примена заштитних искришта на проводним изолаторима ЕТ-а (ТП-11).

2.15 **Одводници пренапона** се монтирају што ближе прикључцима ЕТ-а и што краћим везама прикључују на фазне проводнике и уземљивач ТС. Користе се цинкоксидни (ZnO) одводници (IEC 99-4) или вентилни одводници (IEC 99-1) пренапона, али на свим напонским нивоима треба да се користи исти тип одводника.

Прикључци терцијерног намотаја ЕТ-а штите се ако се терцијер терети. **Одводници пренапона се не монтирају на прикључке намотаја који напаја кабловску мрежу.**

Карактеристике ZnO одводника пренапона дате су у табели 2.15а.

Карактеристике вентилних одводника пренапона дате су у табели 2.15б.

Табела 2.15а: Карактеристике ZnO одводника пренапона

ТС	110/X kV и 35/X kV			
	10 kV	20 kV	35 kV	110 kV
Постројење				
Највиши напон мреже [kV]	12	24	38	123
Врста (тип) одводника	цинкоксидни (ZnO)			
Назначена струја I_n [kA]	10			
Назначени напон U_r [kV]	15	26 (30*)	37	102
Трајан радни напон U_c [kV]	12	21 (24*)	30	84
Класа растерећења водом	1 или 2			3
* - у изолованој мрежи 20 kV				

Табела 2.15б: Карактеристике вентилних одводника пренапона

Постројење	Назначени напон [kV]	Најмањи прорадни напон 50 Hz [kV]	Највећи ударни напон реаговања [kV]
110 kV	105	193	286
35 kV	40,5	75	110
20 kV	25,5	47	72
10 kV	12	21	40

2.16 **Ако се крајеви намотаја ЕТ-а штите одводницима пренапона, тада треба да се заштити и неутрална тачка тог намотаја ако је изолована од земље.** У табели 2.16 дате су карактеристике вентилних одводника пренапона који се користе за заштиту неутралних тачака намотаја 10 kV и 20 kV (мреже 35 kV и 110 kV у Србији увек раде са уземљеном неутралном тачком, па се неутралне тачке тих мрежа не штите од пренапона).

Табела 2.16 Карактеристике вентилних одводника за неутралну тачку мреже 10 kV и 20 kV

Постројење	Назначени напон [kV]	Најмањи прорадни напон 50 Hz [kV]	Највећи ударни напон реаговања [kV]
20 kV	18	33	53
10 kV	9	15	36

2.17 Остале заштите ЕТ-а су:

- заштита регулационе преклопке;
- заштита мотора вентилатора;
- заштита од трајног несиметричног оптерећења (ZNO);
- заштита (контрола) искључних кругова прекидача;
- контрола минималног нивоа уља.

2.17.1 **Заштита регулационе преклопке од унутрашњих кварова** изводи се гасним (Бухолцовим) релеом који се поставља у спојну цев између суда прекидачког дела регулационе преклопке и конзерватора (тачка 6.9 ТП-11). Реле делује на искључење ЕТ-а без временске задршке.

2.17.2 **Заштиту мотора регулационе преклопке** одређује и испоручује произвођач ЕТ-а.

Заштита мотора вентилатора и њихово управљање изводи се према поглављу 11 у ТП 11. Сигналише се квар на вентилаторима, нестанак напона за напајање вентилатора, као и положај укључених вентилатора (ручно или аутоматски).

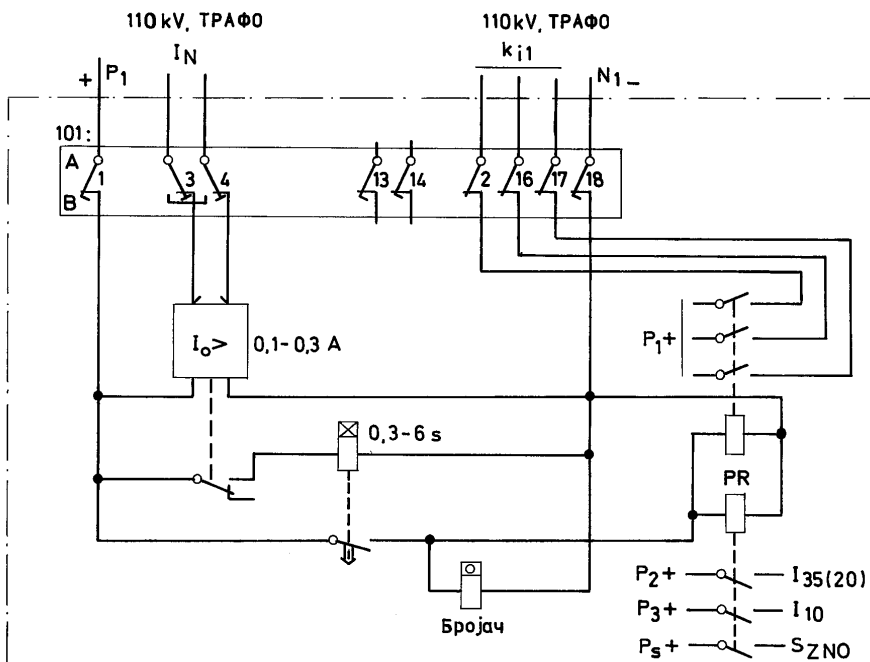
2.17.3 **Заштита од трајног несиметричног оптерећења ZNO** (сл.2.17.3) има задатак да спречи квар у ЕТ-у због несиметричног оптерећења на 110 kV страни (прекид једне фазе на напојном воду 110 kV, "заглављивање" једног пола прекидача 110 kV у трафо пољу или у далеководном пољу исте или напојне трафостанице итд.).

ZNO сачињава монофазни прекострујни реле $I_0 >$ назначене струје 1 А, најмањег опсега подешавања (0,1-0,3) А. Заштита делује са временском задршком најмањег опсега подешавања (2-6) s.

Искључују се прекидачи у свим трафо пољима. **Мерни реле ZNO** прикључује се у неутрални проводник три струјна трансформатора у трафо пољу 110 kV, преко језгара на која се прикључују резервна прекострујна заштита $R_{I_0} >$ и заштита од преоптерећења ZP.

2.17.4 **Заштита (контрола) искључних кругова прекидача $K_{ик}$** треба да сигналише појаву квара у колима једносмерног напона за искључење прекидача у свим трафо пољима, и то: нестанак једносмерног напона за искључење прекидача, прекид у колу калема за искључење прекидача (у искљученом и укљученом положају), квар на помоћним контактима прекидача и отказивање рада механизма за искључење прекидача. У трафо пољу 110 kV ова заштита се прикључује само на калем (један или три) за искључење преко акубатије (калем K_{11}), док се не изводи у колу за искључење прекидача преко кондензаторског исклопног уређаја и калема K_2 .

2.17.5 **Контрола (сигнализација) минимално дозвољеног нивоа уља** изводи се помоћу магнетних уљоказа на котлу и регулационој преклопки ЕТ-а.



$I_{o>}$ - монофазни прекострујни реле (0,1-0,3) А; t - временски реле (0,3-6) s; IU - испитна утичница; PR - помоћни реле 110 V =; k_{i1} - калем за искључење прекидача у трафо пољу 110 kV; S_{ZNO} - сигнализација деловања ZNO; $I_{35,20,10}$ - искључење прекидача у трафо пољу 35(20, 10) kV.

Сл.2.17.3: Заштита од несиметричног оптерећења ZNO

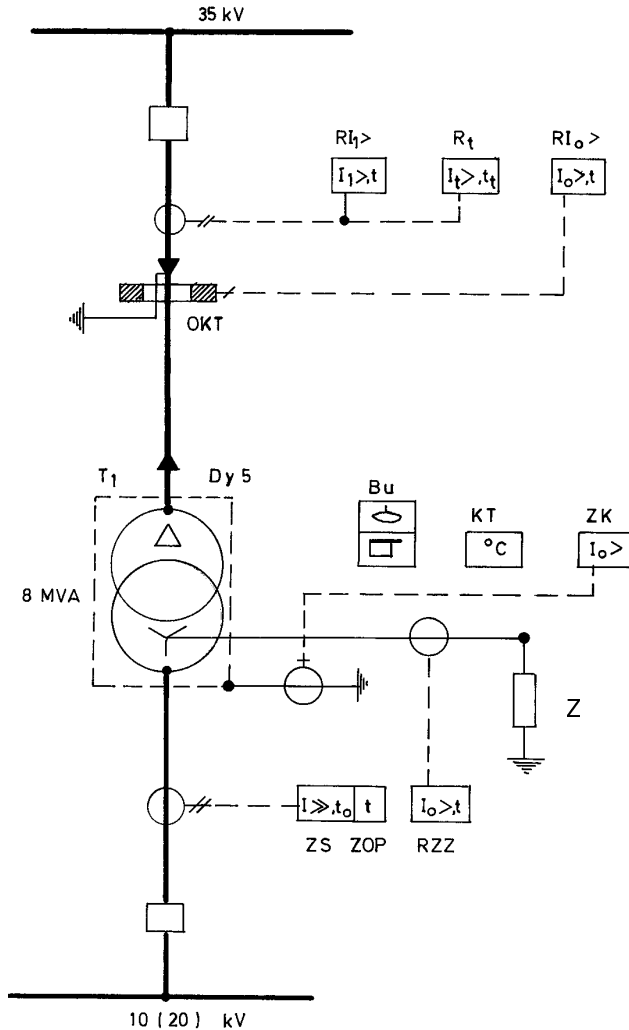
3 ПРЕПОРУКЕ ЗА ПОДЕШАВАЊЕ ЗАШТИТЕ ЕТ-а

- 3.1 **Основне заштите ЕТ-а:** Бухолц, заштита кућишта-котла и диференцијална заштита (тачке 1.3, 1.4, 2.3 и 2.4) **делују на искључење ЕТ-а без временске задршке.**
- 3.2 **Резервна прекострујна заштита $R_{I_1>}$** на примарној страни ЕТ-а се подешава на следећи начин:
- 3.2.1 **Струјно подешавање** на мерном релеу $I_{1>}$ на вредност струје отпуштања од:
- $1,8 \cdot I_n$
- где је I_n назначена вредност примарне струје на главном изводу ЕТ-а.
- 3.2.2 **Време деловања резервне прекострујне заштите $R_{I_1>}$ ЕТ-а 35/X kV** износи 1,5 s.
- 3.2.3 **Време деловања резервне прекострујне заштите $R_{I_1>}$ ЕТ-а 110/X kV**, и то функција деловања преко акубатерије (у ТС са две акубатерије: преко "прве" акубатерије) и "првог" калема за искључење K_{11} прекидача у трафо пољу 110 kV (временски реле t_1 на сл.2.6.1) износи:
- 1 s за двонамотајне ЕТ-е 110/10,5 kV и 110/21 kV;
 - 1,5 s за тронамотајне ЕТ-е 110/36,75/10,5 kV и 110/21/10,5 kV код којих се терети терцијер.
- Временско подешавање ове заштите са функцијом деловања преко кондензаторског исклопног уређаја КИУ, односно преко "друге" акубатерије и "другог" калема за искључење K_{12} прекидача у трафо пољу 110 kV (временски реле t_2 на сл.2.6.1), треба да буде за највише 0,5 s веће од претходно датих вредности.
- 3.3 **Резервна прекострујна заштита $R_{I_2>}$ и $R_{I_3>}$** на секундарној и терцијерној страни ЕТ-а 110/X kV (тачка 2.6.3) подешава се на следећи начин:
- 3.3.1 **Струјно подешавање** на вредност струје отпуштања од:
- $1,8 \cdot I_n$ ако се одговарајући намотај додатно штити и термичким релеом чија је временска константа загревања прилагођена том намотају (тачка 2.11);
 - $1,5 \cdot I_n$ без посебног термичког релеа.
- 3.3.2 **Време деловања $R_{I_2>}$ и $R_{I_3>}$** износи 1,5 s.
- 3.4 **Резервна земљоспојна заштита** на страни 35 kV ЕТ-а 35/X kV ($R_{I_0>}$, тачка 1.8) се подешава тако да **мерни реле** реагује при струји земљоспоја од 50 А, док **време деловања** ове заштите треба да буде 0,5 s.
- 3.5 **Краткоспојна заштита сабирница ZS**, која има и функцију резервне краткоспојне заштите ЕТ-а (тачке 1.7 и 2.7) изводи се и подешава према ТП-4а1.
- 3.6 Функцију резервне земљоспојне заштите ЕТ-а (тачке 1.9 и 2.9) на ниженапонској страни (10 kV, 20 kV, 35 kV) има резервна земљоспојна заштита водова, па се струјно и временско подешавање ове заштите изводи према ТП-4а1.

- 3.7 **Заштита од несиметричног оптерећења ZNO** се подешава на следећи начин:
- **струјно подешавање** на мерном релеу I_0 изводи се тако да вредност подешене струје, прерачунато на примарну (110 kV) страну, износи 30 A;
 - **време деловања**: 6 s.
- 3.8 Ради евиденције и анализе догађаја на мрежи и у ТС **неопходно је извођење појединачне сигнализације деловања појединих заштита ЕТ-а** (диференцијална, резервна прекострујна, термичка итд.), и то локално у ТС преко станичног рачунара и даљински у надређеном диспечерском центру.
- У прилогу ове препоруке даје се попис неопходних сигнала деловања појединих заштита ЕТ-а 110/X kV, као и сигнала везаних за рад вентилатора ЕТ-а. Узет је пример тронамотајног ЕТ-а 110/36,75/10,5 kV.

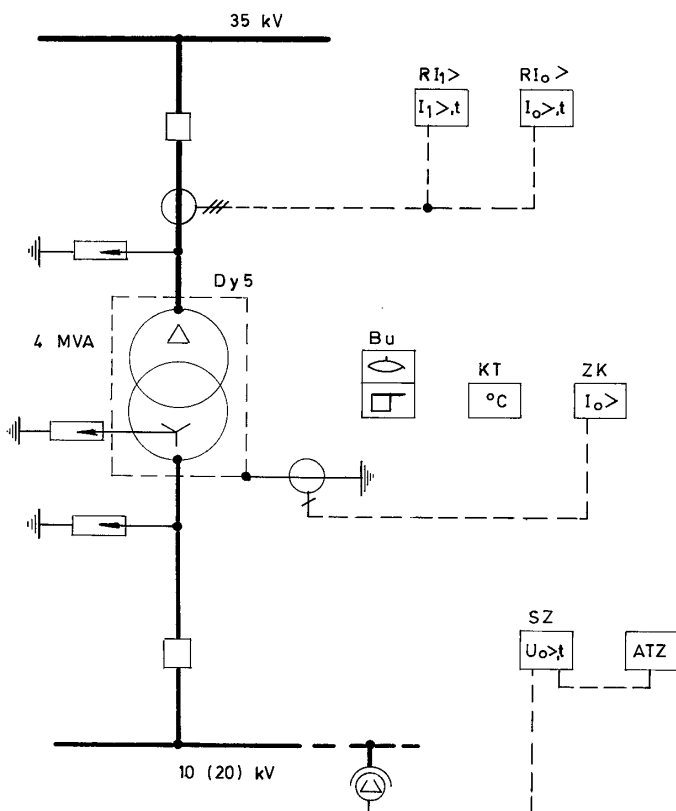
4 ПРИМЕРИ ОДАБИРАЊА РЕЛЕЈНИХ КОМБИНАЦИЈА

- 4.1 На сл.4.1 дати су карактеристични примери одабирања урађаја за заштиту ЕТ-а у ТС 35/10 kV:
- а) Принципијелна шема заштите ЕТ-а снаге 8 MVA који ради у кабловској мрежи 35 kV и 10 kV чије су неутралне тачке уземљене преко нискоомских импеданси.
 - б) Принципијелна шема заштите ЕТ-а снаге 4 MVA који ради у надземној или мешовитој мрежи 35 kV и 10 kV, при чему је неутрална тачка мреже 10 kV изолована, а капацитивна струја земљоспоја: $I_z < 10$ A.
- 4.2 На сл.4.2 дати су карактеристични примери одабирања уређаја за заштиту ЕТ-а у ТС 110/X kV:
- а) Принципијелна шема заштите ЕТ-а 110/10,5 kV спреге YNd5 који ради у надземној мрежи 110 kV и 10 kV, при чему је неутрална тачка мреже 10 kV уземљена преко нискоомске импедансе.
 - б) Принципијелна шема заштите ЕТ-а 110/X kV који ради у надземној мрежи 110 kV и кабловској мрежи 10 kV (20) kV, са две секције сабирница 10 kV (20) kV.
 - в) Принципијелна шема заштите тронамотајног ЕТ-а 110/36,75/10,5 kV, снаге 31,5/31,5/10,5 MVA, који ради у надземној мрежи 110 kV и 35 kV и кабловској мрежи 10 kV, при чему мрежа 10 kV у првој етапи ради као изолована, а касније са уземљеном неутралном тачком.



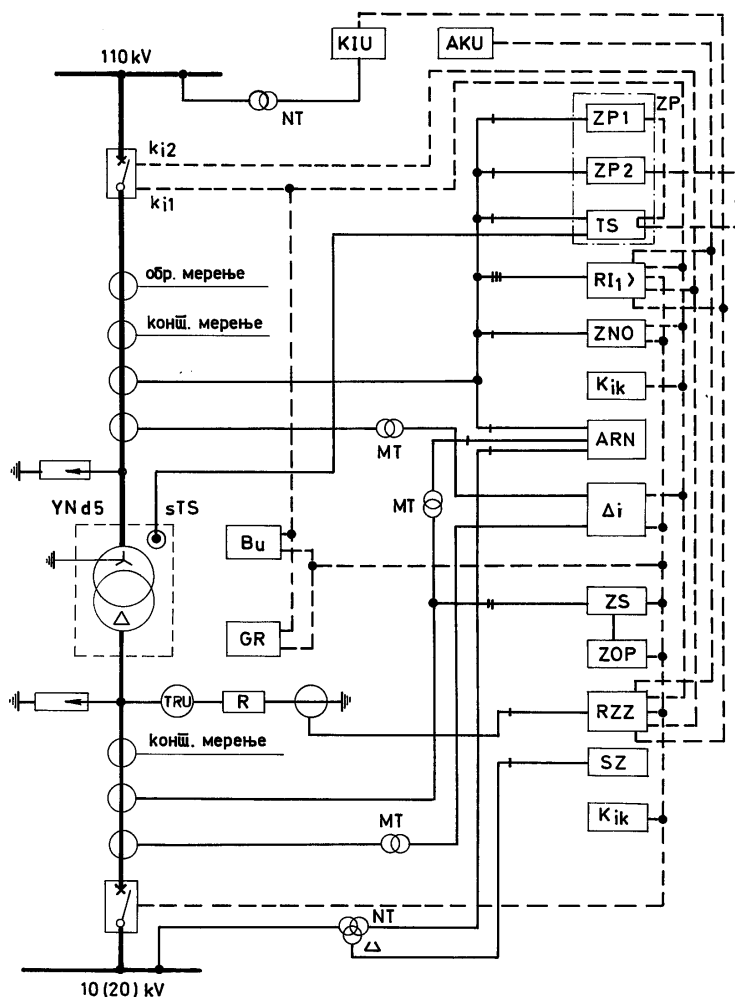
Bu - Бухолцова заштита; *KT* - контактни термометар или термостат; *ZK* - заштита кућишта; *ZS* - заштита сабирница 10(20) kV; *ZOP* - заштита од отказивања прекидача 10(20) kV; *RZZ* - резервна земљоспојна заштита; *RI₁>* - резервна прекострујна заштита примара ЕТ-а; *R₁* - монофазна заштита од преоптерећења; *RI₀>* - резервна земљоспојна заштита примара ЕТ-а; *Z* - импеданса за уземљење неутралне тачке; *I₁>* - прекострујни реле (5-15) А; *I₁>* - монофазни прекострујни реле (3-9) А; *I₀>* - монофазни прекострујни реле (1-3) А; *I_{>>}* - краткоспојни реле (10-25) А; *t* - временски реле (0,2-3) s; *t₁* - временски реле (5-15) min.; *t₀* - временски реле (0,05-0,5) s.

Сл.4.1.а Заштита ЕТ-а 35/Х kV, 8 MVA



Вu - Бухолцова заштита; *КТ* - контактни термометар или термостат; *ЗК* - заштита кућишта; *RI₁>* - резервна прекострујна заштита примара ЕТ-а; *RI₀>* - резервна земљоспојна заштита примара ЕТ-а; *SZ* - сигнализација земљоспоја на сабирницама 10(20) kV; *ATZ* - аутоматски трагач земљоспоја; *I_o>* - монофазни прекострујни реле (1-3) А; *U_o>* - пренапонски реле (20-60) V, 50 Hz; *t* - временски реле (0,2-3)s.

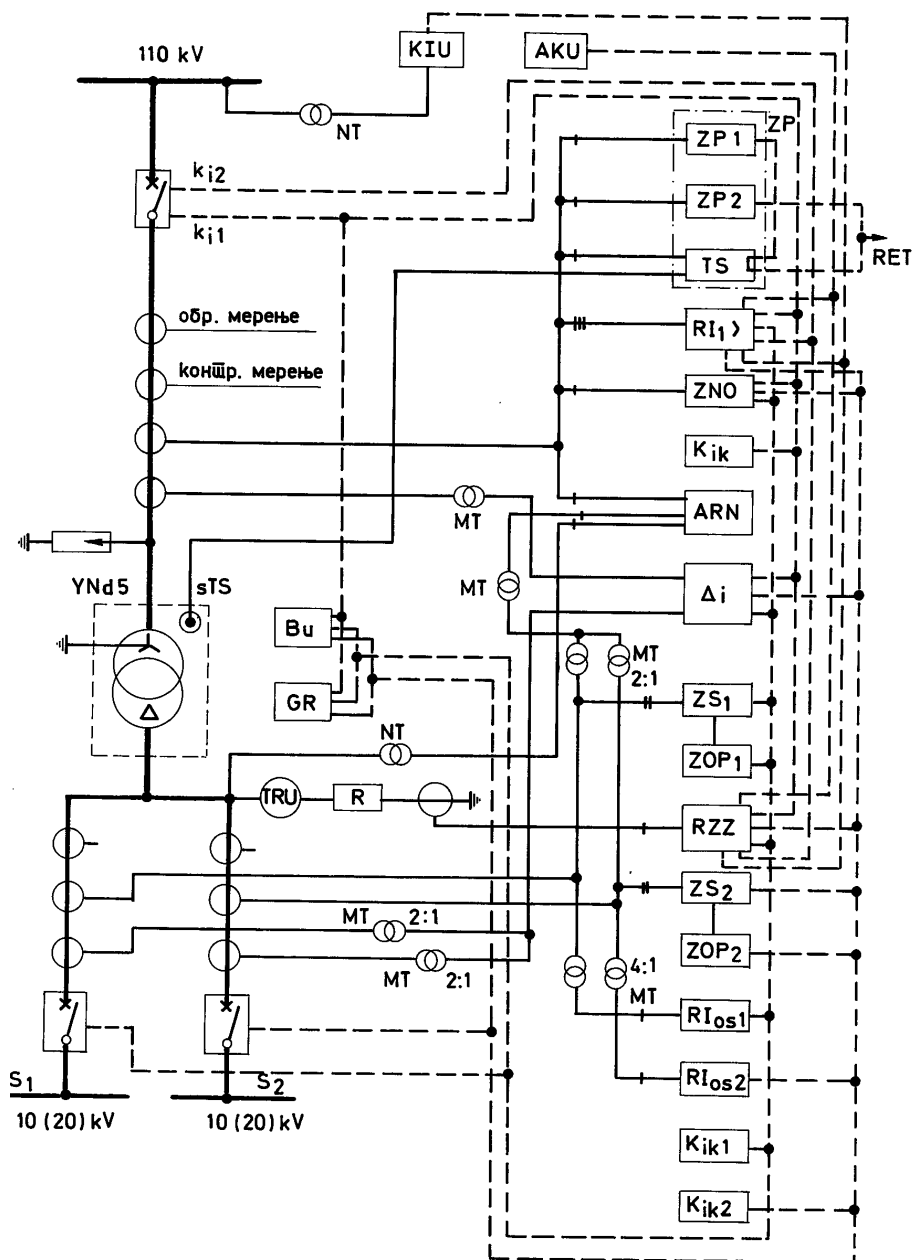
Сл.4.1.6 Заштита ЕТ-а 35/Х kV, 4 MVA ($I_2 < 10$ А)



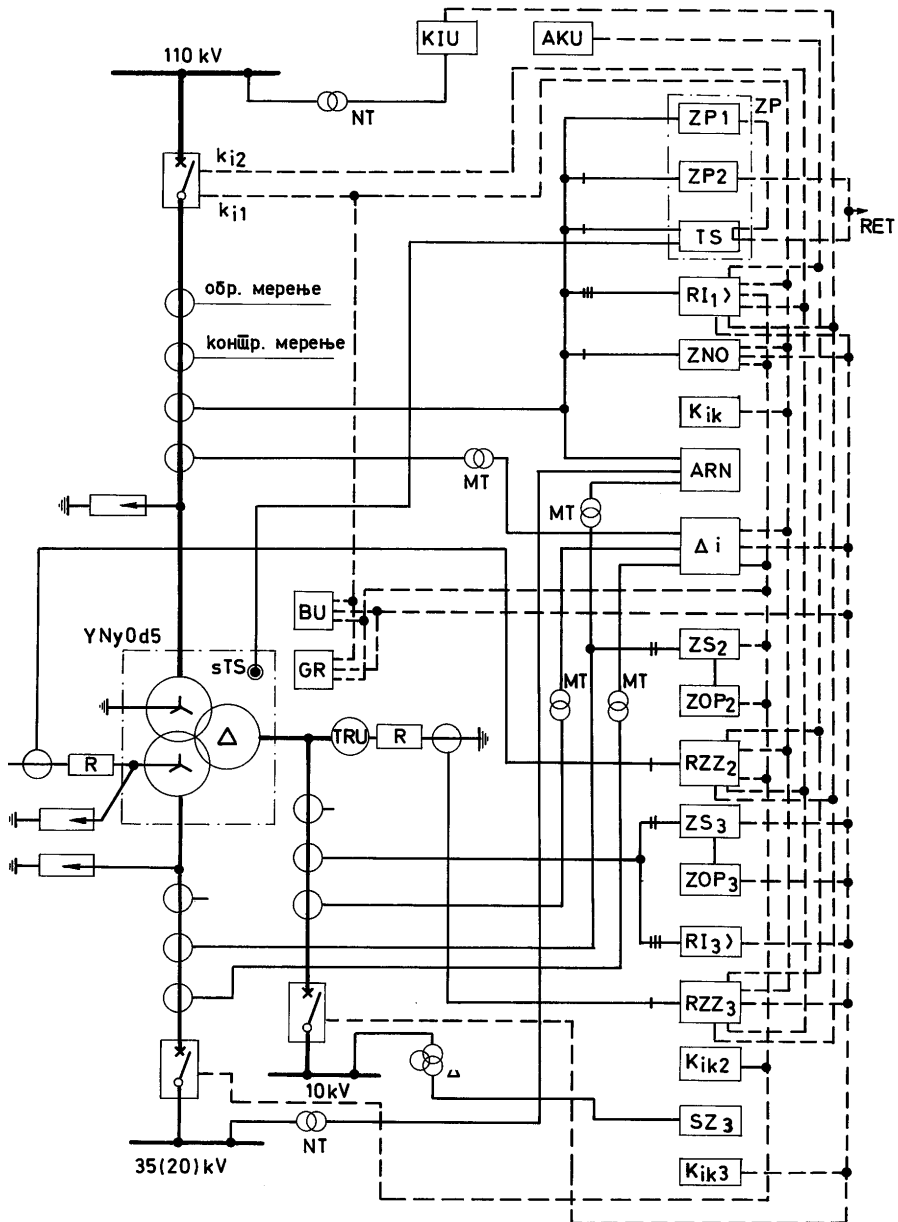
Сл.4.2.а Заштита ЕТ-а 110/10,5(21) kV

Легенда за слике 4.2:

Vi - Бухолцова заштита; *GR* - гасни реле регулационе преклопке; Δi - диференцијална заштита; *ZP* - заштита од преоптерећења; *ZP1* - први степен *ZP*-а; *ZP2* - други степен *ZP*-а; *TS* - термичка слика; *RI_{1>}* - резервна прекострујна заштита; *ZNO* - заштита од несиметричног оптерећења; *ZS* - заштита сабирница "X" kV; *ZS1* - основни модул *ZS*-а; *ZS2* - додатни модул *ZS*-а; *ZOP* - заштита од отказивања прекидача "X" kV; *ZOP1* - основни модул *ZOP*-а; *ZOP2* - додатни модул *ZOP*-а; *RZZ* - резервна земљоспојна заштита "X" kV; *RZV* - резервна земљоспојна високоомска заштита "X" kV; *RI_{0s}* - резервна земљоспојна заштита у *TC* са две секције сабирница "X" kV; *SZ* - сигнализација земљоспоја у изолованој мрежи; *K_{ik}* - контрола искључних кругова у трафо пољима; *k_{i1}*; *k_{i2}* - калемови за искључење прекидача 110 kV; *AKU* - акубатирија; *KIU* - кондензаторски исклопни уређај; *ARN* - аутоматски регулатор напона; *RET* - растерећење ЕТ-а; *sTS* - сонда термичке слике; *Z* - импеданса за уземљење неутралне тачке; *TRU* - трансформатор за уземљење; *NT* - напонски трансформатор; *MT* - струјни међутрансформатор код примене аналогне заштите.



Сл.4.2.6 Заштита ЕТ-а 110/10,5(21) kV у постројењу са две секције сабирница 10 kV (20 kV)



Сл.4.2.в: Заштита тронамотајног ЕТ-а 110/Х/У кV

**ПРИЛОГ 1 ТП-46:
СПИСАК НЕОПХОДНИХ СИГНАЛА ДЕЛОВАЊА ЗАШТИТА ЕТ-а 110/Х кV
- ПРИМЕР ЗА ТРОНАМОТАЈНИ ЕТ 110/36,75/10,5 кV**

- 1 Диференцијална заштита (ΔI)
- 2 Бухолц ЕТ-а, сигнализација (Bus)
- 3 Бухолц ЕТ-а, искључење (Bui)
- 4 Гасни (Бухолцов) реле регулационе преклопке, искључење (GR)
- 5 Резервна прекострујна заштита примара ($RI_{1>}$)
- 6 Резервна прекострујна заштита секундара ($RI_{2>}$)
- 7 Резервна прекострујна заштита терцијера ($RI_{3>}$)
- 8 Заштита сабирница 35 кV (ZS_{35})
- 9 Заштита сабирница 10 кV (ZS_{10})
- 10 Отказивање рада прекидача на изводима 35 кV (ZOP_{35})
- 11 Отказивање рада прекидача на изводима 10 кV (ZOP_{10})
- 12 Земљоспој на терцијеру (мрежа 10 кV), ($U_{010>}$)
- 13 Резервна земљоспојна заштита 35 кV (RZZ_{35})
- 14 Резервна земљоспојна заштита 10 кV (RZZ_{10})
- 15 Резервна земљоспојна високоомска заштита 10 кV (RZV_{10})
- 16 Заштита од несиметричног оптерећења (ZNO)
- 17 Прекорачење назначене струје ЕТ-а ($S_1: I_1 > I_n$)
- 18 Растерећење ЕТ-а, II-и степен ($S_2: ZP_2$)
- 19 Термичка слика: упозорење пред растерећењем ($S_3: TS$)
- 20 Термичка слика: растерећење ЕТ-а ($S_4: TS$)
- 21 Контрола искључних кругова прекидача 110 кV, трафо ($K_{ик1}$)
- 22 Контрола искључних кругова прекидача 35 кV, трафо ($K_{ик2}$)
- 23 Контрола искључних кругова прекидача 10 кV, трафо ($K_{ик3}$)
- 24 Минимум уља у котлу ЕТ-а (MU_u)
- 25 Минимум уља у регулационој преклопки (MU_{RP})
- 26 Квар вентилатора ЕТ-а (V_{kvar})
- 27 Нестанак напона за вентилаторе ЕТ-а (V_{bezN})
- 28 Вентилатори ЕТ-а укључени аутоматски (V_{aut})
- 29 Вентилатори ЕТ-а укључени ручно ($V_{ручно}$)
- 30 Блокада механизма регулационе преклопке (BRP).

САДРЖАЈ

Р. бр.		Стр.
1	Заштита енергетских трансформатора у ТС 35/10(20) kV	1
2	Заштита енергетских трансформатора у ТС 110/X kV	4
3	Препоруке за подешавање заштите ЕТ-а	13
4	Примери одабирања релејних комбинација	14
5	ПРИЛОГ: Списак неопходних сигнала деловање заштите ЕТ-а 110/X KV	20