

ТЕХНИЧКА ПРЕПОРУКА бр. 11

**ТИПИЗАЦИЈА ОСНОВНИХ ПАРАМЕТАРА
ЕНЕРГЕТСКИХ ТРАНСФОРМАТОРА 110/10,5 kV,
110/21 kV, 110/21/10,5 kV и 110/36,75/10,5 kV
снаге до 40 MVA**

II издање

новембар 1999.

ИЗДАВАЧ I-ог издања (новембар 1980.):

**ПОСЛОВНА ЗАЈЕДНИЦА ЕЛЕКТРОДИСТРИБУЦИЈЕ
СРБИЈЕ**

ИЗДАВАЧ II-ог издања (новембар 1999.):

**ЕПС - ДИРЕКЦИЈА ЗА ДИСТРИБУЦИЈУ ЕЛЕКТРИЧНЕ
ЕНЕРГИЈЕ**

Техничко уређење: Томислав Бојковић

Коректура: Томислав Бојковић

Рачунарска обрада цртежа: Слободан Мариновић и Влада Крстић

Штампа: "МСТ Гајић" Београд

Тираж: 500 примерака

Напомене уз II-о издање ТП-11:

II-о издање ТП-11 је рачунарски обрађено и припремљено за компакт диск. По садржају ово издање се разликује од I-ог издања од новембра 1980. године по томе што су:

- унете Измене и допуне бр.1 од октобра 1984. и бр.2 од октобра 1986., док је Додатак "Г" од марта 1984. укључен у ТП-11 као поглавље 11;
- наглашене препоруке за коришћење намотаја 110 kV са сниженим изолационим нивоом, а посебно опреме везане за неутралну тачку намотаја 110 kV;
- исправљене уочене штампарске грешке;
- измењени неки делови који се позивају на поједине стандарде, као и тачке других препорука које су у међувремену измењене;
- унете термилошке измене, као: "намотај" уместо "намот", "назначени" уместо "називни" итд. у складу са новим стандардима.

Код позивања на неку техничку препоруку ЕД Србије треба користити најновије издање одговарајуће препоруке.

Радна група за израду ТП-11

Новембар 1999.

Из архиве:

На основу предлога уже радне групе, Комисија за техничка питања при Пословној заједници електродистрибуције Србије је на 87.-ом састанку који је одржан 31.10.1980. године у Врњачкој Бањи донео:

ТЕХНИЧКУ ПРЕПОРУКУ бр. 11:

ТИПИЗАЦИЈА ОСНОВНИХ ПАРАМЕТАРА ЕНЕРГЕТСКИХ ТРАНСФОРМАТОРА 110/10,5 kV, 110/21 kV и 110/36,75 kV

(I-о Издање)

Предложена решења у складу су са важећим прописима и стандардима и задовољавају захтеве функционалности и економичности. Ова препорука је усвојена после обављене јавне дискусије на нивоу ООУР-а електродистрибуције СР Србије, а велику помоћ пружили су стручњаци наших произвођача енергетских трансформатора.

Чланови Комисије за техничка питања

- 1 **Јован Милић**, "Електродистрибуција" Београд
- 2 **мр Драгутин Станојевић**, "Електродистрибуција" Београд
- 3 **Бранко Танасијевић**, "Електросрбија" Краљево
- 4 **Милорад Петровић**, "Електродистрибуција" Ниш
- 5 **Благоје Миљковић**, "Електрошумадија" Крагујевац
- 6 **Драгољуб Младеновић**, "Електротимок" Зајечар
- 7 **Влајко Муњас**, "Електроморава" Смедерево
- 8 **Миодраг Миљковић**, "Електродистрибуција" Врање
- 9 **Драган Цветковић**, "Електродистрибуција" Лесковац
- 10 **мр Ахмет Черкези**, "Електрокосово" Приштина
- 11 **Богдан Урошевић**, "Електровојводина" Нови Сад
- 12 **Томислав Бојковић**, Пословна заједница, Београд
- 13 **Федора Лончаревић**, Пословна заједница, Београд
- 14 **Крсто Жижих**, Пословна заједница, Београд

Чланови уже Радне групе:

- 1 **Јован Милић**, "Електродистрибуција" Београд
- 2 **Жарко Мићин**, "Електровојводина" Нови Сад
- 3 **Стеван Окрајиновић**, "Електродистрибуција" Београд
- 4 **Ведат Орана**, "Електрокосово" Приштина
- 5 **Радомир Коларевић**, "Електросрбија" Краљево
- 6 **Мирослав Момировић**, "Електрошумадија" Крагујевац
- 7 **Никола Компанијац**, "Електросрбија" Чачак
- 8 **Светозар Ламбрин**, "Електродистрибуција" Београд
- 9 **Томислав Бојковић**, Пословна заједница, Београд

Стручни консултант: Властимир Јовановић, "Минел -Трансформатори"

Новембар 1980.

ЕПС - ДИРЕКЦИЈА ЗА ДИСТРИБУЦИЈУ ЕЛЕКТРИЧНЕ ЕНЕРГИЈЕ СРБИЈЕ - БЕОГРАД

На основу предлога Радне групе, Технички савет ЕПС-а - Дирекција за дистрибуцију електричне енергије Србије је на 157.-ом састанку који је одржан 24.11.1999. године у Београду донео одлуку: **усваја се**

ТЕХНИЧКА ПРЕПОРУКА бр. 11

ТИПИЗАЦИЈА ОСНОВНИХ ПАРАМЕТАРА ЕНЕРГЕТСКИХ ТРАНСФОРМАТОРА 110/10,5 kV, 110/21 kV, 110/21/10,5 kV и 110/36,75/10,5 kV, снаге до 40 MVA

II издање

У овом, II-ом издању препоруке, задржане су битне карактеристике типских енергетских трансформатора које су усвојене у I-ом издању ове препоруке 1980. године, јер је пракса доказала оправданост такве типизације.

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. др Јосиф Спирић, "Електродистрибуција" Лесковац
3. мр Ненад Катић, "Електровојводина" Нови Сад
4. Драган Балкоски, ЕПС Београд
5. Милосав Филиповић, "Електросрбија" Краљево
6. Миодраг Павковић, "Електротимок" Зајечар
7. Милоје Јездимировић, "Електродистрибуција" Ужице
8. Константин Живковић, "Електродистрибуција" Ниш
9. Митар Алексић, "Електрошумадија" Крагујевац
10. Миодраг Анђелковић, "Електрокосмет" Приштина
11. Влајко Муњас, "Електроморава" Пожаревац
12. Миодраг Миљковић, "Електродистрибуција" Врање
13. Светозар Гламочлија, ЕП Републике Српске Бања Лука
14. Жарко Мићин, "Електровојводина" Нови Сад
15. Александар Петровић, "Електросрбија" Ваљево
16. Федора Лончаревић, ЕПС-Дирекција за дистрибуцију Београд
17. Слободан Кујовић, ЕПС-Дирекција за дистрибуцију Београд

Чланови Радне групе:

1. Светозар Ламбрин, "Електродистрибуција" Београд
2. Жарко Мићин, "Електровојводина" Нови Сад
3. Милосав Филиповић, "Електросрбија" Краљево
4. Слободан Максимовић, "Електродистрибуција" Београд
5. Слободан Кујовић, ЕПС-Дирекција за дистрибуцију Београд
6. Томислав Бојковић, ЕПС-Дирекција за дистрибуцију Београд

Стручни консултант: Властимир Јовановић, "Минел -Трансформатори"
новембар 1999.

1 ОПСЕГ ВАЖЕЊА И НАМЕНА

- 1.1 Ова препорука се односи на избор основних параметара енергетских трансформатора (у даљем тексту: ЕТ) 110/10,5 kV, 110/21 kV, 110/21/10,5 kV и 110/36,75/10,5 kV који се користе у трансформаторским станицама електродистрибутивних предузећа у Србији.
- 1.2 Ова препорука је усаглашена са важећим техничким прописима, стандардима и техничким препорукама ЕД Србије.
Варијантна решења која се дају у овој препоруци уважавају усвојене концепције мрежа и специфичне услове рада мреже.
У овом, II-ом издању препоруке, задржане су битне карактеристике и величине типских ЕТ-а које су усвојене у I-ом издању ове препоруке од новембра 1980. године, јер је пракса доказала оправданост такве типизације.
- 1.3 Ова препорука треба:
- да одреди основне услове у којима ће да ради ЕТ;
 - да изврши типизацију основних техничких карактеристика и величина (напон, струја, снага итд.) од којих битно зависи квалитет и цена ЕТ-а;
 - да изврши типизацију основних конструктивних карактеристика ЕТ-а и помоћних уређаја и опреме која се испоручује уз ЕТ, као и њихов распоред, да би се постигла заменљивост ЕТ-а различитих произвођача;
 - да утврди захтеве за испитивање, транспорт и монтажу ЕТ-а;
 - да детаљније обради, уз коришћење примера из дистрибутивне праксе, проблеме одабирања напона кратких спојева, опсега регулације напона и оптерећивања ЕТ-а (Додатак ове препоруке).

2 ТЕРМИНИ И ДЕФИНИЦИЈЕ

- 2.1 **Енергетски трансформатор (ЕТ):** статички апарат којим се електрична енергија индуктивним путем преноси из једне мреже у другу.
- 2.2 **Назначене карактеристике:** нумеричке вредности величина (напон, струја, снага итд.) које дефинишу рад ЕТ-а у условима који су утврђени у стандардима и служе за испитивање и гаранцију произвођача.
- 2.3 **Назначени напон намотаја (U_n):** одређени напон који се прикључује или индукује у празном ходу између прикључака намотаја.
- 2.4 **Назначени однос трансформације:** однос између назначеног напона једног намотаја и назначеног напона другог намотаја који има нижи или једнак назначени напон.
- 2.5 **Назначена снага (S_n):** договорена вредност привидне снаге којом је одређена вредност назначене струје која је допуштена при назначеном напону у утврђеним условима.
- 2.6 **Назначени степен изолације:** испитни напони за које је, у одређеним условима, изведена изолација намотаја или опреме ЕТ-а.

- 2.7 **Прикључак:** проводан део намењен за спајање намотаја са спољашњим проводницима.
- 2.8 **Намотај:** скуп навојака који чине електрично коло везано за један од напона за који је ЕТ предвиђен.
- 2.9 **Примарни намотај:** намотај који у погону прима активну снагу из мреже.
- 2.10 **Стабилизациони намотај:** намотај спојен у троугао и намењен за смањење нулте импедансе намотаја спојеног у звезду у ЕТ-има у спреси звезда-звезда.
- 2.11 **Извод:** веза са једном тачком у намотају. **Главни извод:** извод на који се односе назначене величине.
- 2.12 **Највиши напон опреме (U_m):** највиша ефективна вредност напона између фаза за који је ЕТ изведен с обзиром на своју изолацију. U_m одговара највећој вредности напона мреже на коју може да се прикључи намотај ЕТ-а.
- 2.13 **Равномерна (једнолика) изолација:** изолација намотаја када сви његови крајеви, спојени на прикључке, имају према земљи исти подносииви напон мрежне фреквенције.
- 2.14 **Неравномерна (степенаста) изолација:** изолација намотаја када је крај намотаја према неутралној тачки директно везан за земљу и има нижи изолациони ниво од крајева намотаја према мрежи.
- 2.15 **Напон кратког споја (u_k):** напон који треба прикључити на прикључке једног намотаја да кроз те прикључке протекне назначена струја, кад су прикључци другог намотаја кратко спојени. Исказује се у процентима ($u_k\%$) одговарајућег назначеног напона и своди на референтну температуру 75°C.
- 2.16 **Регулациона преклопка ("Теретни мењач"):** уређај предвиђен за промену споја на поједине изводе намотаја док је ЕТ оптерећен.

3 ОСНОВНИ ЗАХТЕВИ

- 3.1 ЕТ треба да буде конструисан и произведен у складу са признатим техничким достигнућима, испитан и испоручен заједно са свим уређајима и прибором.
- 3.2 **Назначене величине ЕТ-а (напон, струја, снага итд.) односе се на главни извод,** ако није посебно другачије утврђено.
- 3.3 ЕТ мора да задовољи следеће стандарде:
- JUS IEC 50-421: Енергетски трансформатори. Термини и дефиниције.
 - JUS IEC 76-1: Енергетски трансформатори. Опште.
 - JUS IEC 76-2: Енергетски трансформатори. Пораст температуре.
 - JUS N.H1.007: Енергетски трансформатори. Трофазни уљни трансформатори назначених снага 20000 до 63000 kVA.
 - JUS N.H1.013: Енергетски трансформатори. Ступњеви изолације и диелектрична испитивања.

- JUS N.H1.015 (IEC 76-5): Енергетски трансформатори. Издржљивост при кратком споју.
- JUS N.H1.016 (IEC 354): Оптерећивање уљних трансформатора.
- JUS N.H1.019: Енергетски трансформатори. Означивање стезаљки и извода.
- JUS N.H1.214: Регулационе преклопке за енергетске трансформаторе.
- JUS N.H1.551 (IEC 551): Одређивање нивоа буке трансформатора и пригушница.

4 ОСНОВНИ УСЛОВИ У КОЈИМА РАДИ ЕНЕРГЕТСКИ ТРАНСФОРМАТОР

- 4.1 **Дистрибутивне мреже 110 kV, 35 kV, 20 kV и 10 kV су радијално напајане.** Трансформаторске станице 110/X kV и 35/10 kV имају могућност двостраног напајања преко повезног вода или отворене петље. Надземна мрежа 110 kV може да ради и у затвореној петљи.
- 4.2 **Уземљења неутралних тачака дистрибутивних мрежа 10 kV, 20 kV, 35 kV и 110 kV изводе се према ТП-6 ЕД Србије:**
- а) Неутрална тачка мреже 10 kV или 20 kV је изолована или уземљена преко нискоомске импедансе.
 - б) Неутрална тачка мреже 35 kV је уземљена преко нискоомске импедансе.
 - в) **Неутрална тачка мреже 110 kV је директно уземљена, тако да је коефицијент уземљења мањи од 0,8.** Стезаљка неутралне тачке намотаја 110 kV ЕТ-а директно (без растављача) се прикључује на уземљивач трансформаторске станице 110/X kV.
- 4.3 **У дистрибутивним мрежама Србије типизирани су следеће вредности максималних дозвољених трофазних симетричних струја (снага) кратких спојева:**
- мрежа 10 kV: 14,5 kA (250 MVA);
 - мрежа 20 kV: 14,5 kA (500 MVA);
 - мрежа 35 kV: 12,5 kA (750 MVA);
 - мрежа 110 kV: 26,5 kA (5000 MVA).
- У мрежи 10 kV, 20 kV и 35 kV нема извора електричне снаге који значајније могу да утичу на типизирани вредности снага кратких спојева.
- 4.4 **ЕТ ће радити у нормалним условима (JUS IEC 76-1 и JUS IEC 76-2):**
- надморска висина: до 1000 m;
 - највиша температура ваздуха: + 40°C;
 - најнижа температура ваздуха: - 25°C;
 - средња месечна температура ваздуха у најтоплијем месецу: + 30°C;
 - средња годишња температура ваздуха + 20°C.
- 4.5 ЕТ треба да буде димензионисан за рад у мрежи у којој највиши погонски напон мреже износи $U_m = 123 \text{ kV}$, а најнижи 99 kV.

5 ОСНОВНЕ ТЕХНИЧКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ ЕНЕРГЕТСКОГ ТРАНСФОРМАТОРА

5.1 Извођење

5.1.1 ЕТ је трофазна јединица са два или три одвојена намотаја. Намотај 110 kV је примарни намотај са изводима за регулацију.

5.1.2 ЕТ се изводи за спољну монтажу, без обзира на место уградње.

5.2 Назначени напони и назначени односи трансформације

5.2.1 Назначени улазни (примарни) напон је 110 kV.

Назначени излазни напони су: 10,5 kV, 21 kV и 36,75 kV.

5.2.2 У зависности од одабране спреге, усвајају се следећи типски назначени односи трансформација:

- а) 110/10,5 kV;
- б) 110/21 kV;
- в) 110/21/10,5 kV;
- г) 110/36,75/10,5 kV.

5.2.3 Промена односа трансформације врши се преко извода за регулацију на намотају 110 kV (тачка 5.7), под оптерећењем.

5.3 Назначена снага (S_n)

5.3.1 Усвајају се следеће вредности улазних (примарних) назначених снага ЕТ-а свих односа трансформација:

$$S_n = 20 \text{ MVA}; S_n = 31,5 \text{ MVA}; S_n = 40 \text{ MVA}.$$

Терцијер тронамотајног ЕТ-а се користи за напајање потрошача.

Не препоручује се коришћење тронамотајног ЕТ-а снаге 20 MVA.

5.3.2 Односи снага по намотајима износе:

- а) За двонамотајне ЕТ-е свих односа трансформације: S_n / S_n ;
- б) За тронамотајне ЕТ-е:

$$S_n / \frac{2}{3} \cdot S_n / \frac{2}{3} \cdot S_n \text{ и } S_n / S_n / \frac{1}{3} \cdot S_n,$$

при чему се препоручује коришћење следећих односа назначених снага по намотајима:

- б.1 31,5/21/21 MVA;
- б.2 31,5/31,5/10,5 MVA;
- б.3 40/26/26 MVA.

5.4 Степени изолације

5.4.1 С обзиром да је неутрална тачка мреже 110 kV у Србији директно уземљена и да се прикључак неутралне тачке намотаја 110 kV налази практично на нултом потенцијалу (тачка 4.2.в), препоручује се неравномерна изолација намотаја 110 kV, тако да се прикључци намотаја 110 kV изведу за снижени степен изолације (LI 450 AC 185, табела 5.4.3), а да опрема у неутралној тачки намотаја 110 kV има нижи изолациони ниво у односу на прикључке (регулациона преклопка: LI 250 AC 95, изолатор неутралне тачке: LI 170 AC 75, табела 5.4.4).

Међутим, могу да се користе и ЕТ-и чији су намотаји 110 kV, укључујући и опрему у неутралној тачки, изведени са равномер-

ном изолацијом, и то за пун степен (LI 550 AC 230) или снижени степен изолације (LI 450 AC 185).

Опредељење за одређено решење зависи од уштеде која може да се оствари коришћењем неравномерне изолације и/или сниженог степена изолације.

5.4.2 Намотаји напона 10,5 kV, 21 kV и 36,75 kV изводе се са равномерном изолацијом и за пун степен изолације.

5.4.3 **У табели 5.4.3 дати су степени изолације прикључака намотаја и њихових проводних изолатора.**

Табела 5.4.3: Степен изолације прикључака намотаја

Назначени напон намотаја U_n [kV]	Највиши напон опреме (мреже) U_m [kV]	AC		LI [kV]	Степен изолације намотаја JUS.N.H1.013
		намотај [kV]	изолатор [kV]		
110	123	185*	185*	450*	LI 450 AC 185*
110	123	230	230	550	LI 550 AC 230
36,75	38	70	75	170	LI 170 AC 70
21	24	50	55	125	LI 125 AC 50
10,5	12	28	35	75	LI 75 AC 28

* - снижени степен изолације прикључака намотаја 110 kV
LI - назначени подносиви атмосферски ударни напон
AC - назначени подносиви наизменични напон 50 Hz

5.4.4 **У табели 5.4.4 дати су степени изолације опреме у неутралној тачки намотаја 110 kV.**

Табела 5.4.4: Степен изолације опреме у неутралној тачки нам. 110 kV

Опрема у неутралној тачки намотаја 110 kV	Највиши напон опреме U_m [kV]	Степен изолације JUS.N.H1.013
Регулаципона преклопка	52*	LI 250 AC 95*
	123	LI 450 AC 185 LI 550 AC 230
Проводни изолатор неутралне тачке намотаја 110 kV	38*	LI 170 AC 75*
	123	LI 450 AC 185 LI 550 AC 230

* - препоручени снижени степен изолације

5.4.5 Ако се крајеви намотаја ЕТ-а према мрежи 10 kV, 20 kV и 35 kV штите од пренапона одводницима пренапона, тада треба да се заштити и неутрална тачка (ако је изведена) истог намотаја.

Неутрална тачка намотаја 110 kV се не штити одводником пренапона јер је стежаљка прикључка ове неутралне тачке директно везана на земљивач трансформаторске станице 110/X kV.

5.5 Спреге ЕТ-а (табела 5.6.1)

- За двонамотајне ЕТ-е 110/10,5 kV и 110/21 kV користи се спрега: YNd5;
- За тронамотајне ЕТ-е 110/36,75/10,5 kV и 110/21/10,5 kV користи се спрега: YNyn0d5.

Намотаји спрегнути у звезду имају изведене неутралне тачке преко проводних изолатора на поклопцу ЕТ-а.

5.6 Напони кратког споја ($u_k\%$)

5.6.1 Типске вредности напона кратких спојева примар/секундар (u_{k12}) дате су у табели 5.6.1, односе се на назначену снагу примарног намотаја, а одређене су према следећим условима:

- удео мреже 110 kV у снази трофазног симетричног кратког споја износи 5000 MVA;
- у зависности од одабране спреге ЕТ-а и услова рада (дозвољен или забрањен паралелан рад ЕТ-а), на секундарној и терцијерној страни не смеју да се прекораче снаге трофазних кратких спојева чије су вредности дате у тачки 4.3 ове препоруке.

Табела 5.6.1: Типске спреге и вредности напона кратких спојева

Назначени однос трансформације	Спрега	Напон кратког споја [$u_{k12}\%$] за снагу примарног намотаја		
		20 MVA	31,5 MVA	40 MVA
110/10,5 kV	YNd5	11*	14*	18*
110/21 kV	YNd5	11	13	17
110/21/10,5 kV	YNyn0d5	11	14	18
110/36,75/10,5 kV	YNyn0d5	11	14; 11**	18

Напомене:

- * Забрањен паралелан рад два ЕТ-а
- ** Дозвољен паралелан рад два ЕТ-а преко секундара са серијском пригушницом на терцијеру (унутар трансформаторског суда)

Без звездица: Дозвољен паралелан рад два ЕТ-а преко секундара

5.6.2 Код тронамотајних ЕТ-а треба, поред усвајања напона кратких спојева примар/секундар (u_{k12}) према табели 5.6.1, одредити и напоне кратких спојева примар/терцијер (u_{k13}) и секундар/терцијер (u_{k23}). Ове вредности зависе од конструктивних карактеристика ЕТ-а и услова рада (самосталан или паралелан рад два ЕТ-а преко секундара):

а) Ако се терцијер користи без серијске пригушнице и уз услов да је дозвољен трајан паралелан рад два ЕТ-а преко секундара, напон кратког споја u_{k12} има вредност која је у табели 5.6.1 дата без звездица, док вредности напона кратких спојева u_{k13} и u_{k23} могу приближно да се прорачунају према следећим изразима (сведено на назначену снагу терцијерног намотаја S_{n3}):

$$u_{k13} \approx 1,5 \cdot u_{k12} \cdot \frac{S_{n3}}{S_n}; \quad u_{k23} \approx 0,41 \cdot u_{k12} \cdot \frac{S_{n3}}{S_n}.$$

Ово решење се користе за све ЕТ-е 110/21/10,5 kV, као и за ЕТ-е 110/36,75/10,5 kV односа снага $S_n / \frac{2}{3} \cdot S_n / \frac{2}{3} \cdot S_n$.

- б) Ако се терцијеру додаје серијска пригушница и уз услов да је дозвољен трајан паралелан рад два ЕТ-а преко секундара, усваја се "природна" вредност: $u_{k12} = 11\%$, вредности за u_{k13} и u_{k23} се прорачунавају према изразима из тачке 5.6.2.а и овим вредностима се дода одговарајућа вредност реактансе пригушнице тако да се при кратком споју на сабирницама 10 kV не прекорачи снага кратког споја од 250 MVA (види Додатак А).

Вредност реактансе серијске пригушнице треба да се одреди у сарадњи са произвођачем ЕТ-а. Серијска пригушница се монтира унутар трансформаторског суда.

Решење са серијском пригушницом на терцијеру користи се у мрежи ЕД Србије као типско решење код ЕТ-а 110/36,75/10,5 kV односа снага 31,5/31,5/10,5 MVA.

За овај тип ЕТ-а се усвајају следеће вредности напона кратких спојева, сведено на назначену снагу терцијера (10,5 MVA) и заједно са реактансом пригушнице:

$$u_{k12} = 11\%; u_{k13} \approx 7\% \text{ до } 8\%; u_{k23} \approx 3\% \text{ до } 4\%.$$

5.6.3 Забрањен је паралелан рад два ЕТ-а:

- преко секундара ако напон кратког споја u_{k12} има вредност која је у табели 5.6.1 обележена једном звездicom;

- преко терцијера тронамотајног ЕТ-а увек

Изузеци су дозвољени у следећим погонским условима:

- при манипулацијама у трајању од највише 5 минута;
- када два ЕТ-а раде паралелно преко повезног вода или петље дужине најмање 3 km.

5.7 Регулација напона

5.7.1 Регулација напона врши се под оптерећењем помоћу регулационе преклопке која се налази у неутралној тачки намотаја 110 kV.

Команде за рад регулационе преклопке издаје аутоматски регулатор напона, али треба да се предвиди и ручна регулација напона на лицу места и из центра управљања.

5.7.2 Регулација напона је са променљивим флуksom (RPF), тако да се компензују очекиване промене напона у мрежи 110 kV и падови напона кроз ЕТ при различитим оптерећењима.

5.7.3 Да би регулација напона била ефикасна, магнетно коло ЕТ-а треба да буде димензионисано са "резервом флуksа" од најмање:

- 6 % за ЕТ са напоном кратког споја $u_{k12} = 11\%$;
- 7,5 % за ЕТ са напоном кратког споја $u_{k12} = 14\%$;
- 9% за ЕТ са напоном кратког споја $u_{k12} = 18\%$.

Вредност гарантоване "резерве флуksа" треба да се упише на натписну плочицу заједно са осталим подацима према JUS IEC 76-1.

5.7.4 За просечне услове рада електродистрибутивних мрежа у Србији задовољава опсег регулације напона у трансформаторским станицама 110/X kV у границама: $\pm 16,5\%$.

Усваја се степен (корак) извода 1,5%, па опсег извода типског ЕТ-а треба да буде (JUS N.H1.007):

$\pm 11 \times 1,5 \%$.

Одабрани типски опсег регулације напона омогућава:

- да се при оптерећењу ЕТ-а које одговара назначеној снази ЕТ-а $S = S_n$, фактору снаге $\cos\varphi = 0,9$ и минималном очекиваном напону у мрежи 110 kV, на секундару добије назначени напон ЕТ-а 10,5 kV, 21 kV, 36,75 kV;
- да се при минималном оптерећењу ЕТ-а $S = 0,25 \cdot S_n$, фактору снаге $\cos\varphi = 0,9$ и максималном очекиваном напону у мрежи 110 kV, на секундару ЕТ-а добије називни напон мреже 10 kV, 20 kV, 35 kV.

5.7.5 У додатку "Б" ове препоруке дати су примери прорачуна и одабирања опсега регулације напона у зависности од очекиваних услова рада ЕТ-а, као образложење одабраног типског опсега извода.

5.8 Хлађење ЕТ-а

Хлађење ЕТ-а је комбиновано (ONAN / ONAF): до 60% назначене снаге природним струјањем уља и ваздуха, изнад 60% назначене снаге природним струјањем уља и принудним струјањем ваздуха помоћу вентилатора.

5.9 Оптерећивање ЕТ-а (JUS N.H1.016, IEC 354 и JUS IEC 76-2)

5.9.1 ЕТ треба да буде конструисан да константно даје назначену снагу S_n у предвиђеном веку трајања ако је средња температура амбијента (околине) $\theta_a = +20^\circ\text{C}$, под условом да температура најтоплије тачке намотаја не прелази 98°C .

Да би се и при циклалном (дистрибутивном) оптерећењу задржало нормално смањење трајности ЕТ-а (нормално старење изолације) морају да буду испуњена следећа ограничења:

- струја намотаја не сме да пређе 150% назначене струје;
- температура најтоплије тачке намотаја не сме да пређе 140°C , а температура најтоплије тачке уља 115°C .

Дозвољен је краткотрајан рад ЕТ-а у ванредним условима (погон у нужди, принудни погон), када су дозвољена оптерећења и изнад $1,5 \cdot I_n$, али ни у ком случају не смеју да се прекораче дозвољене температуре намотаја од 140°C и уља од 115°C . Ове захтеве најефикасније обезбеђује примена термичке слике (тачка 6.15).

5.9.2 У додатку "В" ове препоруке дати су примери избора и коришћења дозвољених оптерећења ЕТ-а при нормалном режиму оптерећења и при погону у ванредним условима (принудни погон).

5.10 Чврстоћа на кратак спој

5.10.1 ЕТ мора да буде димензионисан и конструисан тако да његови намотаји издрже динамичка и термичка напрезања при кратком споју према стандардима JUS N.H1.015 и IEC 76-5.

5.10.2 При димензионисању намотаја ЕТ-а на динамичка и термичка напрезања треба узети у обзир максималне трофазне симетричне снаге кратких спојева чије су вредности најмање 20% веће од датих у тачки 4.3 ове препоруке.

5.10.3 Време трајања кратког споја после трајног погона износи 2s.

5.11 Губици ЕТ-а

Произвођач ЕТ-а даје податке о губицима у празном ходу и губицима због оптерећења у односу на температуру намотаја од 75°C, и одговарајуће струје за главни извод и за крајње изводе. Такође се дају подаци о потрошњи помоћних уређаја (вентилатори, грејачи, мотор регулационе преклопке итд.).

Предност има ЕТ чији укупни губици дају најекономичније решење у рачуну капитализације.

5.12 Струја празног хода

5.12.1 Струја празног хода (I_0), мерена на главном изводу, не треба да пређе следеће вредности:

а) При назначеном напону:

- $I_0 \leq 0,5\% \cdot I_n$ за ЕТ-е снаге 31,5 MVA и 40 MVA;
- $I_0 \leq 0,7\% \cdot I_n$ за ЕТ снаге 20 MVA.

б) При 110% назначеног напона:

- $I_0 \leq 1,3\% \cdot I_n$ за ЕТ-е снаге 31,5 MVA и 40 MVA;
- $I_0 \leq 1,7\% \cdot I_n$ за ЕТ снаге 20 MVA.

5.12.2 Струја празног хода мери се после извршених напонских испитивања.

5.12.3 Препоручује се мерење вредности сведених струја празног хода, које се добијају прикључењем напона 400 V, 50 Hz на један од намотаја, при неоптерећеним другим намотајима. Тиме се омогућује упоређење резултата добијених при преузимању ЕТ-а са резултатима који се добијају мерењем у току експлоатације ЕТ-а.

5.13 Бука ЕТ-а

5.13.1 Бука коју ствара ЕТ при назначеном напону прикљученом на главни извод у празном ходу, са искљученим и укљученим вентилаторима, не сме да пређе ниво звучне снаге чије су вредности дате у табели 5.13.1.

Нижи ниво буке од максимално дозвољеног је квалитет који се узима у обзир, посебно ако ЕТ треба да ради у урбаном насељу.

Табела 5.13.1: Дозвољени ниво звучне снаге

Назначена снага ЕТ-а [MVA]			20	31,5	40
Дозвољени ниво звучне снаге	ONAN	dB (A)	71	73	74
	ONAF	dB (A)	74	76	77

5.13.2 Мерење нивоа буке врши се према стандардима JUS N.H1.551 и IEC 551.

6 ОСНОВНЕ КОНСТРУКТИВНЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ ЕНЕРГЕТСКОГ ТРАНСФОРМАТОРА

- 6.1 **Магнетно коло ЕТ-а** треба да буде израђено од хладно ваљаних лимова високог магнетног пермеабилитета, ниског коефицијента хистерезиса и малих специфичних губитака.
Тип магнетног кола, изолација лимова, димензије и слично остављају се на избор произвођачу ЕТ-а.
- 6.2 **Намотаји** су од бакра високе чистоће.
Тип и распоред намотаја, изолација, димензије и слично остављају се на избор произвођачу ЕТ-а.
- 6.3 **Трансформаторски суд**
- 6.3.1 **Трансформаторски суд треба да буде робусне конструкције**, на точковима (JUS N.H1.044) који дозвољавају кретање у оба правца. **Спој трансформаторског суда са поклопцем** изводи се помоћу завртњева и заптивача или заваривањем (тип "звон").
- 6.3.2 **Размак точкова** (од унутрашњих ивица транспортних шина железничког типа) треба да износи:
- 2400 mm у трансверзалном правцу;
 - 1435 mm у лонгитудиналном правцу.
- 6.3.3 **Трансформаторски суд треба да издржи пун вакуум.**
- 6.3.4 **На трансформаторском суду треба да се налазе** (JUS N.H1.007):
- четири куке за подизање комплетног ЕТ-а;
 - четири упоришта за подизање ЕТ-а помоћу хидрауличне дизалице код измене смера точкова;
 - четири ушице за вучу ЕТ-а;
 - горњи засун за наливање уља и прикључак уређаја за сушење уља;
 - доњи засун за испуштање уља и прикључак уређаја за сушење уља, постављен дијагонално у односу на горњи засун;
 - млазнице за узимање узорака уља са три нивоа (доњи, средњи и горњи);
 - слепа прирубница на горњем делу суда за прикључак вакуум пумпе;
 - два дијагонално постављена прикључка за уземљење.
- 6.4 **Поклопац ЕТ-а** треба да је израђен тако да омогућава лако отицање воде ка спољашњим страницама и да гас развијен у суду усмерава према отвору за гасни (Бухолц) реле.
У поклопцу ЕТ-а треба предвидети одговарајући број џепова за термометре за термичку слику и праћење температуре уља и намотаја.
- 6.5 **Конзерватори уља**
- 6.5.1 **ЕТ садржи два конзерватора уља: један припада изолационом уљу за намотаје, а други изолационом уљу у регулационој преклопки.**
Дозвољено је коришћење и двокоморног (заједничког) конзерватора са две одвојене коморе.

6.5.2 Посматрано са стране прикључка 110 kV, конзерватори уља се постављају на следећи начин:

- конзерватор уља за намотаје бочно са десне стране;
- конзерватор уља за регулациону преклопку бочно са леве стране;
- двокоморни конзерватор (ако се изводи) бочно са леве стране.

6.5.3 Конзерватор уља, односно свака комора двокоморног конзерватора, садржи:

- магнетски показивач нивоа уља са контактом за сигнализацију минималног нивоа уља, обележен симболом за ЕТ, односно за регулациону преклопку, постављен тако да се читавање врши са стране 110 kV;
- прикључак гасног (Бухолц) релеа, односно прикључак заштитног релеа регулационе преклопке;
- сушионик ваздуха са силикагелом (JUS N.H1.052) приступачан са земље, са цевоводом до конзерватора (коморе);
- отвор за наливање уља, као и цев са вентилом којом се уље налива са земље;
- чеп за испуштање уља, као и посебан чеп за испуштање талога.

Конзерватор (комора) уља за намотаје садржи и аутоматску клапну која спречава нагло отицање уља из конзерватора са системом цеви и славина које омогућавају правилан рад клапне.

6.6 Уређаји за хлађење

6.6.1 Уређаје за хлађење чине расхладне (радијаторске) батерије и вентилатори.

6.6.2 **Расхладне батерије** се монтирају на трансформаторски суд и треба да буду опремљене заклопкама за прекид протока уља, да би се омогућила монтажа и демонтажа батерија. Батерије су опремљене чеповима за испуштање уља, завртњима за испуштање ваздуха и ушицама за преношење.

5.6.3 **Вентилатори** су за напон 3 x 400/230 V, а треба успешно да раде и при одступањима напона од $\pm 10\%$.

Мора да се онемогући продор влаге у лежачеве вентилатора.

Вентилатори се аутоматски укључују и искључују.

- помоћу термичке слике;
- помоћу контактеног термометра;
- помоћу монофазне прекострујне заштите (сл.11.4 и ТП-46).

Термичка слика и контактни термометар се испоручују са ЕТ-ом, док је прекострујна заштита део заштите од преоптерећења ЕТ-а.

У трансформаторској станици 110/X kV треба да се предвиди и ручно управљање вентилаторима.

6.7 **Гасни (Бухолц) реле** (JUS N.H1.050)

Гасни (Бухолц) реле се поставља између трансформаторског суда и конзерватора.

У спојну цев за прикључак гасног релеа поставља се засун ради замене релеа.

Гасни реле треба да је конструкције отпорне на земљотресе ("reed" контакти), са два контакта: за сигнализацију и за искључење.

6.8 Проводни (уводни) изолатори

6.8.1 Проводни изолатори морају да буду монтирани тако да је могућа њихова замена без демонтаже или подизања поклопца ЕТ-а.

6.8.2 Проводни изолатори 110 kV (JUS N.F6.010) су капацитивни, са изводима за мерење угла губитака.

6.8.3 Проводни изолатори треба да издрже сва термичка, динамичка и електрична напрезања која се јављају у погону ЕТ-а.

6.8.4 Проводни изолатори су без заштитних искришта, јер је то груба и непоуздана заштита од пренапона. Заштиту од пренапона треба решавати применом ефикасних мера координације изолације у склопу мреже и постројења, пре свега правилним избором и монтажом одводника пренапона.

6.8.5 Проводни изолатори треба да имају завртње за испуштање ваздуха и уља.

6.8.6 Прикључке на стезалке проводних изолатора (кабловске или шинске везе) треба извести тако да се избегну преломи изолатора при земљотресу.

Прикључци на изолаторе 110 kV треба да буду изведени помоћу прикључница заобљених ивица да би се смањио утицај короне и радио сметњи.

6.8.7 Распоред и ознаке проводних изолатора на поклопцу ЕТ-а изводе се према JUS N.H1.019.

Прикључак терцијера тронамотајног ЕТ-а изводи се преко 4 проводна изолатора на поклопцу трансформаторског суда, при чему се кратко спајају прикључци 3W2-3U1 који представљају исту тачку троугла спреге YNyn0d5. У случају да се терцијер користи као стабилизациони намотај, ову кратку везу треба уземљити.

6.9 Регулациона преклопка (JUS N.H1.214)

6.9.1 Регулациона преклопка је са 23 положаја и уграђује се у неутралну тачку намотаја 110 kV. Положај 1 одговара највећем укљученом ефективном броју навојака.

Регулациона преклопка се испоручује комплетно са припадајућом опремом и прибором као саставни део ЕТ-а.

6.9.2 Регулациона преклопка треба да ради са аутоматским регулатором напона и да има могућност ручног командовања (даљински или на лицу места).

6.9.3 Регулациона преклопка је типа Јансен. Састоји се из бирача извода и теретне преклопке. Бинач се налази у трансформаторском суду, док се теретна преклопка налази у посебној комори са уљем које је потпуно раздвојено од уља у трансформаторском суду.

6.9.4 Регулациона преклопка се поставља бочно са леве стране посматрано са стране прикључка 110 kV. Покреће је електромотор за назначени напон 3 x 400/230 V, 50 Hz. Назначени помоћни напон за команду електромотора је 230 V, 50 Hz, док се за сигнализацију положаја регулационе преклопке користи једносмерни напон 110 V. Електромотор и помоћни уређаји треба успешно да раде и при одступањима напона од $\pm 10\%$.

- 6.9.5 Регулациона преклопка треба да поднесе иста струјна оптерећења која подноси ЕТ при нормалном режиму оптерећења и при ванредним условима (принудни погон).
- 6.9.6 **Регулациона преклопка треба да буде снабдевена:**
- показивачима положаја (степен извода): на лако приступачном месту на поклопцу регулационе преклопке, у командном орману регулационе преклопке и на табли (дисплеју станичног рачунара) за даљинску команду;
 - бројачем броја преклопа;
 - релеом за заштиту од кварова унутар регулационе преклопке;
 - грејачем за назначени напон 230 V, 50 Hz;
 - средством за спречавање кондензације влаге;
 - прибором за појединачан и паралелан рад ЕТ-а.
- 6.10 **За растерећење ненормалног притиска у трансформаторском суду** користи се вентил сигурности (одушник) са опругом на поклопцу трансформаторског суда, постављен тако да се избачено уље и гасови усмеравају изван ЕТ-а, или мембрана на конзерватору (комори) уља за намотаје.
- 6.11 **Изолационо уље**
- 6.11.1 **У новом ЕТ-у користи се искључиво ново минерално изолационо уље, истог типа и истог произвођача.**
Произвођач ЕТ-а треба да да податке о осталим уљима која у току експлоатације могу да се мешају са уљем у ЕТ-у.
- 6.11.2 **Диелектрична пробојна чврстоћа изолационог уља треба да износи најмање 250 kV/cm, а хемијска стабилност (индукциони период) најмање 110 часова.**
- 6.11.3 **Квалитет изолационог уља** потврђује се атестом који не сме да буде старији од 6 месеци.
- 6.11.4 **Испитивање уља** врши се у следећим случајевима:
- пријемно испитивање;
 - испитивање уља пред прво пуштање ЕТ-а у рад;
 - периодична испитивања;
 - испитивање уља хаварисаног ЕТ-а;
 - испитивање при годишњим прегледима и ревизијама (ТП-15);
 - испитивање мешавине уља.
- Поступци испитивања, узимање узорака и дозвољене вредности карактеристика уља дати су у техничкој препоруци бр.26 ЕПС-а "Изолација уља за енергетске трансформаторе".
- 6.11.5 **Препоручује се примена методе анализе гасова у уљу помоћу хроматографије**, ради контроле ЕТ-а за који се сумња да је у квару, ради утврђивања врсте и природе квара, као и ради прогнозирања квара.
Ради "снимања" почетног стања и упоређења са касније добијеним резултатима, **препоручује се да се анализа гасова у уљу изврши код новог ЕТ-а на три месеца након стављања у погон.**
- 6.12 **Заптивање ЕТ-а** треба да буде изведено материјалима и на начин који гарантује сигурно заптивање на свим спојевима при температури уља од 115 °С.

Контрола заптивања трансформаторског суда, поклопца и уређаја за хлађење може да се изврши тако да се помоћу пумпе или на неки други начин постигне надпритисак од око $3,1 \cdot 10^4$ Pa, и у току 8 часова не смеју да се појаве трагови цурења уља.

6.13 Командни ормани

6.13.1 ЕТ има два командна ормана који служе за монтажу опреме за заштиту и аутоматику у вези хлађења ЕТ-а и рада регулационе преклопке.

Ормани се постављају један поред другог бочно са леве стране посматрано са стране прикључка 110 kV.

6.13.2 У командне ормане се уводе напојни, сигнални, мерни и командни каблови. Ормани су непромочивог извођења са непромочивим уводницима који се уграђују у посебну демонтажну плочу са доње стране ормана.

6.13.3 Климатизација командних ормана врши се помоћу грејача за напон 230 V, 50 Hz, који се аутоматски укључују при температурама чије вредности одређује произвођач, као и помоћу средстава за спречавање кондензације влаге.

6.13.4 У командним орманима, на вратима са унутрашње стране, налазе се шеме са планом и ознакама редних стезаљки помоћних, мерних, заштитних и командних струјних кругова.

Шема је урађена на алуминијумској или пластичној плочици, на којој се налази и број шеме и датум израде шеме.

6.13.5 Мерни, сигнални и командни каблови који се налазе на ЕТ-у и повезују разне уређаје, инструменте и релее (термометар, вентилатори, гасни релее итд.) морају да буду јасно обележени тако да је могуће лако праћење и препознавање на шемама деловања.

Каблови морају да буду заштићени од механичких оштећења провлачењем кроз гибљиве металне цеви и слично.

6.14 Антикорозивна заштита

6.14.1 Сви метални делови ЕТ-а (трансформаторски суд, поклопац, конзерватори, расхладне батерије) треба да су квалитетно заштићени од корозије. Ова заштита треба да има, поред антикорозивног својства, велику отпорност на промену температуре (од -25°C до $+115^{\circ}\text{C}$), отпорност на хабање, удар и атмосферске утицаје (за спољашње површине металних делова), као и отпорност на хемијске утицаје уља, масти, алкалија, соли и киселина. Заштита једновремено треба да омогући успешну размену топлоте уља и ваздуха.

6.14.2 Спољашња антикорозивна заштита обојених металних површина садржи најмање један основни премаз и два покривна премаза. Укупна дебљина боје мора да буде најмање 100 μm .

Задњи слој покривног премаза је сребрнаста боја RAL 9006, али може да се договори и друга нијанса.

6.14.3 Унутрашња заштита обојених металних површина садржи најмање један слој основне боје отпорне на трансформаторско уље, дебљине најмање 20 μm .

6.15 Термичка слика

6.15.1 **Термичка слика** треба да омогући што боље и економичније коришћење снаге ЕТ-а према стандардима JUS.N.H1.016 и IEC 354, а постиже се мерењем ("пресликавањем") температуре најтоплије тачке намотаја ЕТ-а.

6.15.2 Термичка слика има термомодел (мерни претварач) који 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, која се добија из струјног трансформатора у трансформаторском пољу 110 kV, фаза "1V" (ТП-46).

Отпорни термометар је мерни уређај који се састоји од мерног отпорника Pt 100 DIN 43760 који при 0°C има отпорност 100 Ω

Отпорни термометар (сонда) се уграђује у цеп термометра (JUS N.H1.042) 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.

6.15.3 **Комплетна термичка слика испоручује се заједно са ЕТ-ом.**

Помоћу термичке слике се врши командовање вентилаторима, сигналише се појава недозвољеног оптерећења и на крају се врши растерећење или искључење ЕТ-а.

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

6.15.4 **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.

6.16 **Мерење температуре најтоплије тачке намотаја и уља** врши се преко термомодела (мерног претварача) термичке слике (тачка 6.15.2). Мерење се врши локално у трансформаторској станици помоћу електричног показног инструмента са преклопником за избор мерења (температура намотаја, односно уља) и даљински у центру управљања (струјни излаз: 0 mA - 10 mA / 0°C - 150°C).

Директно мерење температуре најтоплије тачке уља врши се и помоћу контактног термометра који се налази на самом ЕТ-у.

6.17 **Земљоспојна заштита кућишта (котла) ЕТ-а се не користи**, јер је ЕТ заштићен диференцијалном и Бухолцовом заштитом (ТП-46).

Зато трансформаторски суд не треба да буде изолован у односу на темељ, нити метални делови опреме (командни ормани, вентилатори, погонско вретено регулационе преклопке итд.) у односу на трансформаторски суд.

- 6.18 **Натписна плочица** (JUS IEC 76-1) треба да се налази на страни ЕТ-а према прикључку 110 kV. На плочици се налази фабрички број ЕТ-а, назначене величине и основни подаци о ЕТ-у, електричне шеме ЕТ-а, табела у којој су за све изводе дати подаци о напону, струји и снази, податак о гарантованој вредности "резерве флукса" итд.
Осим главне натписне плочице, ЕТ мора да има плочице са неопходним подацима и за помоћну опрему (проводни изолатори, регулациона преклопка итд.).
Фабрички број ЕТ-а треба да буде јасно утиснут и на трансформаторском суду ЕТ-а.
- 6.19 **Масе и основне димензије ЕТ-а**
Произвођач ЕТ-а даје следеће податке о масама:
- укупна маса ЕТ-а спремљеног за погон;
 - укупна маса изолационог уља;
 - маса дела који се извлачи код отварања;
 - маса активног дела;
 - транспортна маса.
- 6.20 **Произвођач ЕТ-а треба најкасније на 120 дана након потписивања уговора о испоруци да достави кориснику мерну скицу комплетног ЕТ-а са свим обавезним димензијама, као и мерне скице свих апарата и уређаја који се испоручују уз ЕТ.**

7 ИСПИТИВАЊЕ ЕНЕРГЕТСКОГ ТРАНСФОРМАТОРА

- 7.1 **Испитивање ЕТ-а врши се као комадно испитивање, испитивање типа, специјално (посебно) испитивање и пријемно испитивање,** према стандарду JUS IEC 76-1.
- 7.2 **Комадно испитивање** је испитивање које се врши на сваком поједином ЕТ-у и обухвата:
- мерење отпорности намотаја на свим изводима;
 - мерење односа трансформације на свим изводима и контрола поларитета;
 - проверавање спреге;
 - мерење напона кратког споја на главном изводу и на крајњим изводима;
 - мерење струје празног хода при 90%, 100% и 110% назначеног напона;
 - мерење губитака празног хода и губитака због оптерећења;
 - комадна диелектрична испитивања, и то: страним напоном индустријске фреквенције и индукованим напоном, према JUS N.H1.013;
 - испитивање регулационе преклопке.
- 7.3 **Испитивање типа** је испитивање које врши произвођач на једном ЕТ-у, као представнику других истих или сличних ЕТ-а.
У испитивање типа спада:
- испитивање пораста температуре према JUS IEC 76-2;
 - диелектрична испитивања типа према IEC 76-3.
- 7.4 **Специјално (посебно) испитивање** је ствар посебног договора између произвођача и корисника, и врши се само ако се посебно уговори.
У ова испитивања спадају, на пример:
- издржљивост на кратак спој;
 - мерење нулте импедансе;
 - мерење фактора угла губитака ($\text{tg}\delta$) између намотаја и према трансформаторском суду, као и мерење угла губитака у проводним изолаторима 110 kV;
 - мерење хармоника струје празног хода;
 - мерење нивоа буке;
 - мерење међусобне капацитивне спреге намотаја и капацитивне спреге намотаја и трансформаторског суда итд.
- 7.5 **Пријемно испитивање** је свако испитивање које се обавља у присуству корисника (купца) и по правилу обухвата комадно испитивање и испитивања и контроле пре пуштања ЕТ-а у погон, тачка 8.5.
- 7.6 **Испитивање типа и специјално испитивање по правилу се не врше ако произвођач ЕТ-а приложи атест о овим испитивањима на представнику тог типа.**
- 7.7 **Комадно диелектрично испитивање изолације** има за циљ проверавање отпорности намотаја на наизменични напон индустријске фреквенције и **састоји се од испитивања страним напоном** (провера

изолације према маси и према другим намотајима) и **испитивања индукованим напонем** (провера изолације навојака дуж намотаја). Поступак испитивања дат је у стандарду JUS N.H1.013.

Вредност испитног напона мора да одговара вредностима датим у колони 3 табеле 5.4.3. Међутим, ако је ЕТ са неравномерном изолацијом намотаја 110 kV, испитни напон намотаја 110 kV не сме да пређе 75 kV.

Испитивање страним напонем врши се једнофазним наизменичним напонем фреквенције 50 Hz, тако што се испитни напон у трајању од 60 s прикључи између стезаљки испитиваног намотаја и стезаљки свих осталих намотаја спојених међусобно и са масом (уземљењем).

Испитивање индукованим напонем врши се наизменичним напонем фреквенције веће од 50 Hz и то: трофазним код ЕТ-а са равномерном изолацијом и једнофазним код ЕТ-а са неравномерном изолацијом.

7.8 Испитивање неутралних тачака намотаја ЕТ-а ударним напонем се не изводи.

8 ТРАНСПОРТ И МОНТАЖА ЕНЕРГЕТСКОГ ТРАНСФОРМАТОРА

- 8.1 Произвођач ЕТ-а даје детаљан опис друмског транспорта, као и транспорта железницом нормалног колосека 1435 mm. Такође даје и скице транспортних габарита појединих елемената за транспорт и податак о најтежем делу који се подиже код транспорта.
- 8.2 Произвођач ЕТ-а треба најмање 30 дана пре отпреме да достави кориснику техничка упутства за монтажу, одржавање и ревизију ЕТ-а.
- 8.3 **Склапање ЕТ-а на месту уградње и стављање у пробни рад обавезно се обавља под надзором произвођача ЕТ-а.**
- 8.4 **ЕТ треба да буде изведен и причвршћен да не дође до лома, опасног покретања или спадања појединих делова приликом транспорта и земљотреса.** Захтеви с обзиром на сеизмичка дејства дати се у техничкој препоруци бр.30 ЕПС-а: "Основни услови за набавку, испитивање и монтажу електро-опreme и уређаја електроенергетских постројења са становишта земљотреса".
- 8.5 **По завршеној монтажи ЕТ-а, пре стављања у пробни погон, треба да се изврше следећа мерења и провере:**
- мерење односа трансформације за све положаје регулационе преклопке назначене на натписној плочици;
 - мерење отпорности намотаја;
 - мерење отпорности изолације намотаја;
 - мерење $\text{tg} \delta$ ЕТ-а и изолатора;
 - мерење (контрола) диелектричне чврстоће уља;
 - одређивање раствореног гаса и садржаја воде у уљу;
 - провера рада регулационе преклопке;
 - провера рада Бухолц релеа и заштитног релеа регулационе преклопке;
 - провера помоћних струјних кругова;
 - провера нивоа уља у конзерватору (комори) у складу са температуром ваздуха и провера заштитног система уља (цев, мембрана, аутоматска клапна);
 - провера отвореног положаја вентила за заустављање уља између конзерватора и трансформаторског суда;
 - провера заптивања трансформаторског суда и расхладних батерија (није дозвољено било какво цурење уља!);
 - провера рада термичке слике, контактнoг термометра и термоста-та и присуства довољне количине уља у одговарајућим џеповима;
 - провера положаја свих славина, засуна и слично, ради несметаног протока уља и ваздуха;
 - провера стања дехидратора;
 - провера лака (боје) на ЕТ-у, на прибору и уређајима;
 - провера уземљења трансформаторског суда;
 - провера функционисања осталих уређаја ЕТ-а;
 - провера да ли је ЕТ повезан на жељени напон у складу са назнакама на натписној плочици.

8.6 По завршеној монтажи, ЕТ се ставља у пробни погон у трајању од 30 дана, када се проверава квалитет заптивања и рад погонских уређаја.

Ако се пробни погон одвија без примедби и сметњи, сматра се да је ЕТ дефинитивно примљен од стране корисника.

8.7 Остали технички и комерцијални услови, као: дужина трајања гарантног рока за ЕТ, максимални рок за стављање ЕТ-а под напон после испоруке с обзиром на гаранцију и слично, ствар су посебног договарања и уговарања између испоручиоца и корисника ЕТ-а.

9 АТЕСТИ

Произвођач ЕТ-а доставља доказ квалитета (атест, стручни налаз или уверење овлашћене установе) о испитивању комплетног ЕТ-а заједно са опремом и посебно за:

- изолационо уље у трансформаторском суду и у регулационој преклопци;
- проводне изолаторе;
- квалитет лимова за језгро;
- квалитет бакра за намотаје;
- регулациону преклопку;
- вакуумске пробе трансформаторског суда;
- квалитет антикорозивне заштите;
- термичку слику.

10 РЕЗЕРВНИ ДЕЛОВИ

За сваки тип ЕТ-а треба да буду обезбеђени следећи резервни делови:

- проводни изолатор 110 kV, комплет;
- порцелан за изолаторе 10,5 kV, 21 kV и 36,75 kV;
- гарнитура контаката за регулациону преклопку;
- вентилатор са електромотором (најмање 5);
- гарнитура свих заптивача;
- показивачи нивоа уља у конзерваторима;
- силикагел посуде са садржином.

Произвођач ЕТ-а је обавезан да поседује залиху резервних делова најмање 10 година по престанку производње одређеног типа ЕТ-а.

11 ТИПИЗАЦИЈА РАЗВОДНОГ ОРМАНА КОМАНДЕ И СИГНАЛИЗАЦИЈЕ ЕНЕРГЕТСКОГ ТРАНСФОРМАТОРА

- 11.1 **Разводни орман команде и сигнализације (ROKS)** служи за монтажу расклопних и заштитних уређаја за управљање вентилаторима ЕТ-а, као и за повезивање опреме ЕТ-а (гасни релеи, контактни термометар, показивачи нивоа уља, отпорни термометри итд.) са командно релејном таблом или станичним рачунаром.
ROKS се поставља са леве стране ЕТ-а посматрано са стране прикључка 110 kV, поред разводног ормана регулационе преклопке.
- 11.2 **ROKS** се израђује од челичног поцинкованог лима или неког другог материјала одговарајуће механичке чврстоће и антикорозивне заштите. **Орман, заједно са уводницима за каблове, треба да је непромочивог извођења, степен заштите најмање IP 44.** Уводници за каблове се постављају са доње стране ормана, а њихов број и величина треба да одговарају броју и спољашњем пречнику прикључних каблова. Извођење разводне табле у ROKS-у и распоред опреме у њој треба да омогући лако и прегледно прикључење каблова на редне стезаљке.
- 11.3 **Климатизација ROKS-а** остварује се одржавањем сталне надтемпературе у односу на околину. То се постиже тако што је у орману стално укључен један грејач, док се други грејач укључује помоћу термостата када спољна температура опадне испод $+10^{\circ}\text{C}$.
- 11.4 **На сл.11.4 дата је типска шема везе ROKS-а ЕТ-а 110/X kV**, усвојена од стране Комисије за релејну заштиту и Комисије за техничка питања ЕД Србије у марту 1986. године, а потврђена од Техничког савета ЕД Србије у новембру 1999. Шема функционално одговара захтевима датим у ТП-11 и ТП-46.
- 11.5 **Основни функционални захтеви које испуњава усвојена типска шема веза ROKS-а су следећи:**
1. **Вентилатори се групишу по два** и прикључују на трополне прекидаче Fmvk са термичко електромагнетним окидачима, али сваки вентилатор се прикључује посебним каблом на редне стезаљке. За аутоматско и даљинско укључење свих вентилатора служи главни контактор вентилатора KOgv.
 2. **Вентилатори се аутоматски укључују** деловањем бар једне од следећих заштита:
 - II-ог степена термичке слике $I\theta$ када температура намотаја ЕТ-а пређе 80°C , или
 - контактнoг термометра F5t када температура уља пређе 70°C , или
 - прекострујне заштите $(I>,t)$, када струја ЕТ-а пређе вредност назначене струје ЕТ-а у трајању од најмање 20 s (обезбеђује корисник).

3. **Вентилатори се аутоматски искључују** када им се прекине напајање преко следећих заштита:
 - I-ог степена термичке слике $I\theta$ када температура намотаја ЕТ-а опадне испод 70°C , и
 - контактнoг термометра F5t када температура уља опадне испод 60°C , и
 - прекострујне заштите ($I >, t$).
4. **Вентилатори се укључују и искључују ручно:**
 - електрично, са командно релејне табле NUW или станичног рачунара, помоћу бирача рада Sv вентилатора и прекидача Smv у ROKS-у;
 - укључењем главног прекидача Fg на командно релејној табли NUW, или преко станичног рачунара, или укључењем појединих група вентилатора помоћу Fmvk прекидача у ROKS-у.
5. **Прикључење мерног отпорника термичке слике P81** (тачка 6.15.2) на термичку слику $I\theta$ изводи се трожилним оклопљеним каблом (преко редних стезаљки у ROKS-у), пресека најмање $3 \times 1,5 \text{ mm}^2$. У мерно коло је стално прикључен и регулациони отпорник чија се отпорност подешава тако да се заједно са проводницима прикључног кабла добије укупна отпорност од 5Ω , мерено код термичке слике (види детаљно упутство произвођача).
6. **Сигнали** Hkv и Hnv служе за бржу локацију узрока нестанка напона напајања вентилатора, услед квара на њима или деловањем прекидача. Сигнали могу да се групишу у јединствени сигнал. Општи нестанак наизменичног напона у трансформаторској станици се не сигналише.
7. **Магнетни уљокази** H4t и H4r имају контакте за сигнализацију минимално дозвољеног нивоа уља у трансформаторском суду и у регулационој преклопки.
8. Елементи и везе који су на шеми приказани цртичасто уграђују се и изводе на посебан захтев.

12 РЕВИЗИЈА И ОДРЖАВАЊЕ ЕНЕРГЕТСКОГ ТРАНСФОРМАТОРА

Ревизија и одржавање ЕТ-а врши се према ТП-15 (табела 12) и упутствима произвођача.

Табела 12: Учестаност радова на одржавању ЕТ-а (ТП-15)

ПОПИС РАДОВА		Рок ревизије
ЕНЕРГЕТСКИ ТРАНСФОРМАТОР 110/Х kV		
1	Преглед механичке исправности и чистоће суда, конзерватора, радијатора итд.	6М
2	Преглед свих заптивних места и славина	6М
3	Преглед механичке исправности и чистоће изолатора	6М
4	Преглед заштите од корозије	Г
5	Преглед натписних таблица и ознака	Г
6	Преглед учвршћења трансформатора	Г
7	Преглед прикључака за уземљење	Г
8	Провера функционалности вентилатора	3М
9	Провера стања дехидратора у сушачу ваздуха и нивоа уља у чашици	3М
10	Провера стања спојева и прикључака термовизијском контролом	Г
11	Провера нивоа уља у конзерватору	3М
12	Провера физичких, хемијских и електричних карактеристика уља	4Г
13	Испитивање диелектричне чврстоће уља	4Г
14	Испитивање отпорности изолованости намотаја	4Г
15	Провера исправности магнетног показивача уља	4Г
16	Провера нивоа уља у џеповима сонди	4Г
17	Провера присуства воде кондезоване у конзерватору и по потреби испуштање воде	4Г
18	Провера рада термометра или термостата	6Г
РЕГУЛАЦИОНА ПРЕКЛОПКА		
1	Провера рада преклопке и моторног погона	Г
2	Преглед механичке исправности и заптивености кућишта	6М
3	Провера грејања разводног ормана	Г
4	Преглед нивоа уља редуктора мотора	Г
5	Провера механичке исправности погонског механизма	Г
6	Провера ручне и аутоматске команде	Г
7	Провера исправности магнетног показивача уља	4Г
8	Замена уља, филтера за уље и осталих делова	ремонт
<i>k-М (Г) = једна ревизија у "к" месеци (година)</i>		

Литература:

1. Савезни завод за стандардизацију: Збирка југословенских стандарда - Енергетски трансформатори, Београд, 1996.
2. Техничке препоруке ЕД Србије.

ЛЕГЕНДА за сл.11.4 - Разводни орман команде и сигнализације:

Et	- трафо поље 110 kV
F1	- прекидач за управљачко коло напајања вентилатора
F2	- прекидач за напајање грејача ормана
F3	- прекидач за напајање утичнице и светла у орману
Fmv1..Fmv6	- прекидачи група од по два вентилатора
F5t	- контактни термометар
F7t	- Бухолцов реле ЕТ-а
F7r	- заштитни реле регулационе преклопке
Fg	- главни заштитни прекидач
Ft	- термостат грејача
H4t	- магнетни уљоказ трансформаторског суда
H4r	- магнетни уљоказ регулационе преклопке
Hkv	- сигнал: "квар вентилатора"
Hnv	- сигнал: "нестанак напона напајања вентилатора"
Hrv	- сигнал: "ручно укључени вентилатори"
Hrt	- светиљка у орману, 230 V, 40 W
Huv	- сигнал: "укључени вентилатори"
Iθ>	- термичка слика
I>, t	- прекострујна заштита ЕТ-а
K1	- помоћни реле главног контактора, 230 V, 50 Hz
KOgv	- главни контактор вентилатора, 230 V, 50 Hz
L1+, L1-	- помоћни напон кола команде и заштите, 110 V DC
Ls+, Ls-	- помоћни напон кола сигнализације, 110 V DC
M1...M12	- мотори вентилатора, 230 V, 50 Hz
NUW	- табле сопствене потрошње, команде и заштите
P81	- отпорнички термометар, Pt 100 DIN
P82	- резервни отпорнички термометар, Pt 100 DIN
PPZ	- противпожарна заштита (стабилна) - опција
R1g	- грејач ормана
R2g	- грејач ормана (стално прикључен)
RT	- разводни орман команде и сигнализације
Smv	- склопка за ручно укључење вентилатора.
Srt	- склопка за укључење светиљке у орману
Sv	- преклопка за избор рада вентилатора: <ul style="list-style-type: none"> • А - аутоматски • В - ручно
T ₁₁₀	- струјни трансформатор у трансформаторском пољу 110 kV
Top	- опрема ЕТ-а
Xrt	- једнополна шуко утичница

Напомена: Ако се изузетно уграђује стабилна PPZ, треба да се скине мост између стезаљки 17 и 18.

САДРЖАЈ

Р. бр.		Стр.
1	Опсег важења и намена	1
2	Термини и дефиниције	1
3	Основни захтеви	2
4	Основни услови у којима ради ЕТ	3
5	Основне техничке карактеристике ЕТ-а	4
6	Основне конструктивне карактеристике ЕТ-а	10
7	Испитивање ЕТ-а	17
8	Транспорт и монтажа ЕТ-а	19
9	Атести	20
10	Резервни делови	20
11	Типизација разводног ормана команде и сигнализације ЕТ-а	21
12	Ревизија и одржавање ЕТ-а	23