

ОПТИМИЗАЦИЈА ИЗБОРА ТРАНСФОРМАТОРА И НАПОЈНИХ КАБЛОВА ЗА НАПАЈАЊЕ НОВЕ ГЛАВНЕ ЦРПНЕ СТАНИЦЕ 1 У НОВОМ САДУ**OPTIMIZATION OF TRANSFORMER AND FEEDER CABLE SELECTION FOR SUPPLYING THE NEW MAIN PUMP STATION 1 IN NOVI SAD**

Зорица Чулић, Факултет техничких наука, Нови Сад

Област – ЕЛЕКТРОТЕХНИКА И РАЧУНАРСТВО

Кратак садржај – У овом раду је обрађен избор трансформатора и расподела оптерећења по трансформаторима за напајање пумпи у Новој главној црпној станици 1, у Новом Саду. На нисконапонској страни трансформатора извршен је избор и димезионисање напојних каблова, као и прорачун за заштиту од преоптерећења и прорачун пада напона. Извршен је одабир батерија за компензацију реактивне снаге пумпи. Такође, у раду је обрађено одређивање нивоа заштите громобранске инсталације.

Кључне речи: Одабир енергетских трансформатора, избор проводника и заштите на нисконапонској страни трансформатора, компензација реактивне снаге.

Abstract – This paper addresses the selection of transformers and the distribution of loads among transformers for powering pumps at a pumping station in Novi Sad. On the low-voltage side of the transformers, the selection and sizing of supply cables were performed, along with calculations for overload protection and voltage drop. Batteries for reactive power compensation of the pumps were selected. Additionally, the paper covers the determination of the lightning protection level of the installation.

Keywords: Selection of power transformers, selection of conductors and protection on the low-voltage side of the transformer, Reactive power compensation.

1. УВОД

Вода је несумњиво један од најважнијих ресурса за опстанак сваког живог бића на планети. Она представља основу живота, а њена значајност обухвата широк спектар аспеката који утичу на људе, животиње, биљке и цели околни свет. Индустријска производња и енергетика такође захтевају воду у значајним количинама. Квалитет воде је битан, јер нечисте воде могу оштетити опрему и довести до загађења животне средине. Укратко, вода је животно важан ресурс који захтева посебну пажњу и заштиту

НАПОМЕНА:

Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био др Дејан Јеркан, ванр.проф.

Потребно је улагати у одрживо управљање водним ресурсима, промовисати ефикасно коришћење воде и посвећивати пажњу заштити водних екосистема.

2. ЦРПНА СТАНИЦА

Црпне станице имају значајну улогу у дистрибуцији воде, посебно у сушним периодима или у подручјима са специфичним захтевима за снабдевање водом. Канализациони систем града Новог Сада је током претходних деценија развијан као општи или заједнички систем одвођења отпадних вода односно као комбиновани канализациони систем. У Новом Саду предвиђена је изградња две нове главне црпне станице (НГЦ 1 и НГЦ 2). Пројектовани капацитет црпне станице НГЦ1 је 15,36 m³/s, а црпне станице НГЦ2 је 9,6 m³/s. У овом раду фокус је на новој главној црпној станици 1 (НГЦ 1)

2.1. Нова главна црпна станица 1 (НГЦ 1)

Нова главна црпна станица 1 се налази непосредно пре места изливања, на левој обали Дунава код Жежељевог моста, и има улогу расподеле протока.



Слика 2.1 Ситуациони приказ НГЦ 1

У функционалном смислу црпна станица (ЦС) је подељена у шест независних целина:

- Проточни канали са решеткама и табластим затварачима
- Црпна станица за отпадне воде (Ц пумпе)
- Црпна станица за први талас атмосферских вода (Д пумпе)
- Црпна станица за атмосферске воде (П пумпе)
- Систем унутрашњег транспорта
- Систем за елиминацију непријатних мириса

У ЦС се налазе три врсте пумпи. Све пумпе у ЦС раде у аутоматском режиму, према нивоима воде у црпилиштима, а по потреби пумпним агрегатима се може управљати и ручно. Црпна станица за отпадне воде и црпна станица за први талас атмосферских вода имају заједничко црпилиште, одвојено од црпилишта црпне станице атмосферских вода преливним зидом.

2.1.1 Црпна станица отпадних вода (Ц пумпе)

Црпна станица отпадних вода (Ц пумпе) служи за препумпавање отпадних вода које се примарно сакупљају са јужног и северног дела канализационог система Новог Сада. Налазе се четири Ц пумпе које имају снагу од 90kW. Три пумпе су радне, а четврта пумпа је резервна.

2.1.2 Црпна станица за први талас атмосферских вода (Д пумпе)

Пумпна станица за први талас атмосферских вода (Д пумпе) има за задатак да усмери први талас атмосферских вода у ретензиони базен, који се налази у оквиру пумпне станице НГЦ1. Номинална снага Д пумпи износи 250kW. У постројењу се налазе две пумпе и обе раде истовремено.

2.1.3 Црпна станица атмосферских вода (П пумпе)

П пумпе служе за препумпавање комбиноване отпадне воде директно у реку Дунав. Ово су растеретне пумпе. У постројењу се налазе четири пумпе називне снаге 360kW.

2.1.4 Остали потрошачи црпне станице

Инсталирана снага осталих електро потрошача у ЦС износи приближно 130kW. За напајање сопствене потрошње предвиђено је димензионисање посебног трансформатора.

3. ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТСКИ СИСТЕМ

Електроенергетски систем су енергетски објекти међусобно повезани тако да чине јединствен техничко-технолошки систем. Један од основних задатака система је квалитет испоруке електричне енергије. Према одредбама Уредбе о условима испоруке електричне енергије допуштена одступања од називног напона и фреквенције су: за напон $\pm 10\%$ и фреквенцију $\pm 0,5\text{Hz}$.

4. ВИСОКОНАПОНСКА ПОСТРОЈЕЊЕ

Високонапонска разводна постројења (ВНРП) играју виталну улогу као делови електроенергетског система (ЕЕС), уз електране, преносне и дистрибутивне мреже.

4.1. Високонапонско постројење за напајање предметних ТС

За предметну ТС предвиђа уградња опреме за 20 kV. Субтранзијентна снага трополног кратког споја на сабирницама 20 kV у ТС 110/20 kV износи 500 MVA,

а време трајања кратког споја је $t = 0,2 \text{ s}$. Високонапонско постројење се састоји од два 20 kV расклопна блока. Оба расклопна блока се налазе у истој просторији ТС "НГЦ-1".

Једно високонапонско постројење састоји се од две доводно одводне ћелије, једне мерне ћелије и једне доводно одводне ћелије. Овај расклопни блок је димензије 1900x1600x1020 mm (ширина x висина x дубина).

Други расклопни блок се састоји од једне доводно одводне ћелије и пет трансформаторских ћелија за трансформаторе са којих се напајају потрошачи црпне станице НГЦ1. Укупна димензија расклопног блока 4125x1220x1600/2050 mm

5. ТРАНСФОРМАТОРИ

Основна функција трансформатора је да промене електрични напон једног кола у виши или нижи електрични напон у другом колу, при чему остаје иста фреквенција струје. Кључни делови трансформатора су језгро трансформатора, намотаји и систем изолације. У погледу електричних карактеристика, трансформатори су дефинисани назначеним напоном, односом трансформације, назначеном снагом, назначеном струјом и другим параметрима који одређују њихову функционалност и способност преноса енергије.

За напајање НГЦ 1 предвиђа се изградња трансформаторске станице (ТС „НГЦ1“), преносног односа 20(10)/0,4kV, у складу са издатим условима за пројектовање и прикључење.

5.1 Мерни трансформатори

У електроенергетским системима високог напона, где су напони обично веома високи, а струје велике, користе се мерни трансформатори који омогућавају мерење и контролу различитих величина и параметара. Постоје две врсте мерних трансформатора - струјни (СТ) и напонски (НТ).

5.2 Енергетски трансформатор

Карактеристичне вредности енергетских трансформатора су: назначени напон, назначени однос трансформације, назначена снага, назначена струја, могућност промене односа трансформације, напон кратког споја, губици у бакру, губици у гвожђу, начин хлађења и спрега трансформатора. Назначени однос трансформације m_n , је однос између назначеног напона примара и назначеног напона секундара. Спрежни број n је број који показује колико пута по 30° величине на нижој напонској страни касне за величинама на вишенпонској страни.

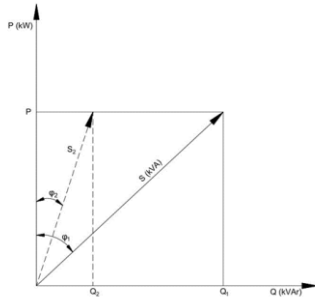
$$m_n = \frac{U_{1n}}{U_{2n}} e^{jn30^\circ}$$

5.3 Паралелан рад трансформатора

Паралелни рад трансформатора омогућава истовремени рад два или више трансформатора како би се подмириле додатне потребе или осигурала већа погонска сигурност.

6. КОМПЕНЗАЦИЈА РЕАКТИВНЕ ЕНЕРГИЈЕ

Оптерећење са малим фактором снаге вуче више струје од оптерећења са већом вредности фактора снаге за исту количину пренесене енергије. За одређену потрошњу активне снаге P (kW) уз фазни помак φ_1 имамо одговарајућу реактивну снагу Q_1 и да бисмо смањили ту реактивну енергију мрежа треба да добије фазни помак φ_2 , тј. мрежи треба додати реактивну снагу:



Слика 6.1 Компензација реактивне енергије

Са слике се може закључити да оптерећење са малим фактором снаге вуче више струје, него оптерећење са већим фактором снаге за исту количину пренесене корисне енергије. Због повећаних губитака, електродистрибутивна компанија наплаћује већу цену електричне енергије за потрошаче који имају фактор оптерећења мањи од 0,95, у Републици Србији.

Према хидрауличним симулацијама очекивано време рада Д пумпи је испод 100 часова током године, док је очекивано време рада П пумпи испод 40 часова током године што оправдава изостанак компензације реактивне енергије за ове пумпе. За Ц пумпе (90 kW, $\cos\phi = 0,8$) је предвиђена фиксна компензација реактивне енергије од 75 kVAг батеријама кондензатора од 3x30 kVAг номиналног напона 440V. Како струја празног хода трансформатора 1600 kVA износи 1 % предвиђена је фиксна компензација реактивне енергије од 16 kVAг батеријом кондензатора од 20 kVAг номиналног напона 440 V. Ова компензација треба да подмири потребе магнећења трансформатора.

7. ПРОРАЧУНИ

7.1 Прорачуни потребне снаге трансформатора

За постројење црпне станице су изабране четири врсте великих пумпи. У нормалном погонском стању раде три пумпе типа П, две пумпе типа Д и три пумпе типа Ц. Укупна привидна снага тада износи:

$$P_{an} = 3 \cdot 391,6 + 2 \cdot 269,4 + 3 \cdot 337,9 = 2727,4 \text{ kW}$$

$$Q_n = 3 \cdot 303,9 + 2 \cdot 188 + 3 \cdot 191,5 = 1862,4 \text{ kVAr}$$

$$S = \sqrt{P_{an}^2 + Q_n^2} = 3302,6 \text{ kVA}$$

Због тога се одабиру трансформатори снаге 1600kVA за напајање пумпних постројења и трансформатор снаге 160 kVA за напајање сопствене потрошње црпне станице. Укупна инсталирана снага за пумпно

постројење је 6400kVA. У следећој табели приказана је расподела напајања пумпи по трансформаторима:

Трансформатор	Пумпа			S_n (kVA)
ТР1	П1	Д1	Ц1	1210
ТР2	П2		Ц2	884
ТР3	П3		Ц3	884
ТР4	П4	Д2	Ц4	1210

7.2 Прорачун струје кратког споја

Прорачун струје кратког споја је важан због процене потребне опреме. Добијене вредности струје су 14,43kA на сабирницама 20kV и 38,49kA на сабирницама 0,4kV. Како је већа вредност струје у случају кратког споја на НН сабирници трансформатора она ће бити меродавна за механички прорачун сабирнице, као и за прекидну моћ прекидача.

7.3 Проводници за напајање инсталација

7.3.1 Избор проводника

Избор проводника према трајно дозвољеним струјама обављен је према стандарду SRPS HD 60364-4 уз примену: корекционог фактора за групна струјна кола k_n , корекционог фактора за температуру околине k_θ , и корекционог фактора за термичку отпорност тла k_λ .

$$I_z = k_\theta \cdot k_\lambda \cdot k_n \cdot I_{trdoz}$$

7.3.2 Заштита од струје преоптерећења

Заштитни уређаји морају бити предвиђени да прекидају сваку струју преоптерећења која протиче проводницима пре него што проузрокују повишење температуре штетно по изолацију, спојеве, стезаљке или околину. Радна карактеристика уређаја који штити електрични вод од преоптерећења мора да испуни два услова (SRPS HD 60364-4):

1. $I_B \leq I_n \leq I_z$
2. $I_2 \leq 1,45 \cdot I_z$

7.3.3 Провера систем заштите

Прописом SRPS N.B2.741/1989 су дефинисани захтеви за безбедност заштите од електричног удара (поглавље 5. Заштита од индиректног додира, глава 5.1 Заштита аутоматским искључењем напајања). Систем заштите TN изводи се: као четворопроводнички систем заштите TN-C у коме су неутрална и заштитна функција обједињене у једном проводнику кроз цео систем, као петопроводнички систем заштите TN-S, који кроз цео систем има развојене неутрални и заштитни проводник, или као комбинација ова два система - систем TN-C-S, у коме су неутрална и заштитна функција обједињене у једном проводнику само у једном делу система.

7.3.4 Прорачун пада напона

За прорачун пада напона за трофазне потрошаче који имају фактор снаге $\cos \varphi < 1$ коришћена је следећа формула:

$$u_{\%} = \frac{100 \cdot l \cdot P}{\sigma \cdot S \cdot U_l^2} \cdot (r + x \cdot \tan \varphi)$$

Дозвољен пад напона између тачке напајања електричне инсталације и било које друге тачке за струјно коло осветљења је 5%, а за струјна кола осталих потрошача 8%, ако се ел. инсталација напаја директно из ТС која је прикључена на високи напон. Највећи пад напона се јавља између трансформатора 1 (ТР1) и пумпе за атмосферску воду П2 и износи 0,88%, што задовољава захтев да пад напона буде мањи од 8%.

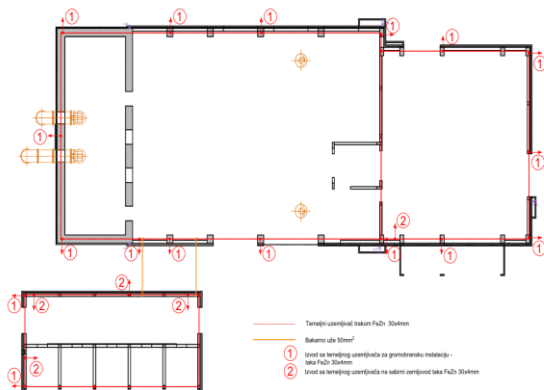
8. ГРОМОБРАНСКА ИНСТАЛАЦИЈА

За заштиту објекта од атмосферских пражњења предвиђена је громобранска инсталација у виду класичне громобранске инсталације- Фарадејевог кавеза. Фарадејев кавез се око објекта формира добрим електропроводним повезивањем хватаљки, спустова, мерно-раставних спојева, земљовода, темељног уземљивача и свих осталих електропроводних делова објекта у једну целину. Учестаност удара грома на територији града Новог Сада је $T_d=31$. Ефикасност громобранске инсталације се рачуна по обрасцу:

$$E_r \geq 1 - N_o/N_d$$
$$E_r \geq 0,9759651$$

За вредност $0,95 < E_r < 0,98$ громобранска инсталација има I ниво заштите.

Зграде трафостанице и црпне станице подижу се као засебни објекти, те је потребно да се ураде уземљивачи за сваки објекат. Уземљивач се састоји од поцинкованих трака FeZn 30x4mm у бетону темеља. Веза између ова два објекта се израђује бакарним ужетом Си 50mm². Вредност отпора здруженог уземљивача представља паралелну везу уземљивача ова два објекта и износи $R=0.804\Omega$.



Слика 8.1. Темељни уземљивач

9. ЗАКЉУЧАК

Изградња главне црпне станице у Новом Саду представља кључни корак ка унапређењу инфраструктуре града, са двоаманском функцијом за одвођење атмосферске и отпадне канализационе воде.

Правилни избор трансформатора за напајање пумпи и димензионисање каблова и заштите су од пресудног значаја за поузданост и ефикасност читавог система. Одговарајући трансформатори осигуравају стабилно напајање пумпи, чиме се спречавају прекиди у раду и потенцијалне штете на опреми. Прецизно димензионисање каблова гарантује адекватну дистрибуцију електричне енергије без губитака и прегревања, док адекватне заштитне мере омогућавају сигурност система и дуговечност опреме.

10. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Војводинапројект, званични сајт. <https://www.vojvodinaprojekt.rs>
- [2] Јован Нахман, Разводна постројења, Електротехнички факултет Београд 2005.
- [3] Пројекат хидротехничких инсталација Нове главне црпне станице 1 у Новом Саду,
- [4] Пројекат електроенергетских инсталација Нове главне црпне станице 1 у Новом Саду,

Кратка биографија:

Зорица Чулић рођена у Бањалуци 1996. год. Завршни (Bachelor) рад на Фкултету техничких наука из области Електротехнике и рачунарства – Енергетика, електроника и телекомуникације одбранила је 2020. године.