

РОЗДІЛ 3. ЕКСПЛУАТАЦІЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ СТАНЦІЙ ТА УПРАВЛІННЯ НИМИ

РОБОТА ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ ВЛАСНИХ ПОТРЕБ АЕС ПРИ ЗНИЖЕННІ НАПРУГИ І ЧАСТОТИ

Бардик Є.І., к.т.н., доцент, Бабенко А.Ю., магістрант

КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра відновлюваних джерел енергії

Вступ. Від надійної роботи системи власних потреб електростанції може залежати надійність роботи усієї енергосистеми країни. У системі власних потреб електростанцій в основному використовуються асинхронні двигуни з короткозамкненим ротором, що обумовлено їх відносно не великою вартістю, надійністю і простотою експлуатації, рідше застосовують синхронні двигуни та двигуни постійного струму. Проте асинхронні двигуни досить чутливі до зміни режимних параметрів, таких як напруга і частота живлячої мережі, особливо – до зниження цих параметрів, адже, в такому випадку зменшується продуктивність приводу, який рухає двигун, що може призвести до такого негативного явища як лавина напруги і лавина частоти і повної зупинки блоку [1-4]. Оперативний персонал електростанцій повинен розуміти як зниження напруги і частоти впливають на роботу асинхронних двигунів і механізмів власних потреб (ВП) та до яких наслідків може призвести їх неприпустиме відхилення.

Мета роботи. За допомогою математичного і програмного забезпечення оцінити вплив зниження напруги і частоти мережі на змінення електромагнітних параметрів і механічних характеристик асинхронних двигунів ВП, які використовуються в системі власних потреб АЕС.

Матеріали та результати досліджень.

У якості об'єкта дослідження розглядалися електродвигуни і робочі машини однієї з секцій системи ВП енергоблока потужністю 1000Мвт.

Електромагнітні параметри. До основних електромагнітних параметрів в першу чергу слід віднести [2]: ковзання, струм статора і ротора, реактивна потужність.

Розрахункові співвідношення для оцінки даних параметрів при змінній напруги і частоти згідно з [2] є такими:

1. Ковзання:

$$\frac{s}{s_{ном}} = \frac{b_{ном} + \sqrt{b_{ном}^2 - 1}}{k_f \left[\frac{b_{ном} k_u^2}{M_c k_f^2} + \sqrt{\left(\frac{b_{ном} k_u^2}{M_c k_f^2} \right)^2 - 1} \right]}$$

2. Струм ротора:

$$\frac{I_2'}{I_{2\text{ном}}} = \frac{M_{c^*} \frac{b_{\text{ном}} + \sqrt{b_{\text{ном}}^2 - 1}}{\frac{b_{\text{ном}} k_u^2}{M_{c^*} k_f^2} + \sqrt{\left(\frac{b_{\text{ном}} k_u^2}{M_{c^*} k_f^2}\right)^2 - 1}}}{1}$$

3. Струм статора:

$$\frac{I_1}{I_{1\text{н}}} = \sqrt{\left(I_{0^*} \frac{I_{0\text{н}}}{I_{1\text{н}}} + I_{2^*} \frac{I_{2\text{н}}}{I_{1\text{н}}} \sin \varphi'\right)^2 + \left(I_{2^*} \frac{I_{2\text{н}}}{I_{1\text{н}}} \cos \varphi'\right)^2}$$

4. Реактивна
потужність
намагнічування:

$$\frac{Q_0}{Q_{0\text{ном}}} \approx \frac{k_u^2}{k_f}$$

5. Реактивна
потужність
розсіювання:

$$\frac{Q_p}{Q_{p.\text{ном}}} = M_{c^*} k_f \frac{b_{\text{ном}} + \sqrt{b_{\text{ном}}^2 - 1}}{\frac{b_{\text{ном}} k_u^2}{M_{c^*} k_f^2} + \sqrt{\left(\frac{b_{\text{ном}} k_u^2}{M_{c^*} k_f^2}\right)^2 - 1}}$$

6. Повна
реактивна
потужність:

$$\frac{Q}{Q_{\text{ном}}} = \frac{Q_{0\text{ном}}}{Q_{\text{ном}}} \frac{Q_0}{Q_{0\text{ном}}} + \frac{Q_{p.\text{ном}}}{Q_{\text{ном}}} \frac{Q_p}{Q_{p.\text{ном}}} = c \frac{Q_0}{Q_{0\text{ном}}} + (1-c) \frac{Q_p}{Q_{p.\text{ном}}}$$

$$c \approx 1 - \frac{1}{(b_{\text{ном}} + \sqrt{b_{\text{ном}}^2 - 1}) \text{tg} \varphi_{\text{ном}}}$$

З використанням вищенаведених залежностей були розраховані електромагнітні параметри низки електродвигунів системи ВП АЕС з енергоблоками 1000Мвт при змінні режимних параметрів. Змінення основних електромагнітних параметрів електродвигунів конденсаторного і циркуляційного насосів ВП АЕС з типом двигунів для циркуляційного насосу – ДВДА 260/99-20-24У4, для конденсаторного насосу – 4АЗМ-1600/6000У4, при змінні напруги і частоти мережі наведено на рис. 1-12.

Зміна електромагнітних параметрів при змінній напрузі і номінальній частоті:

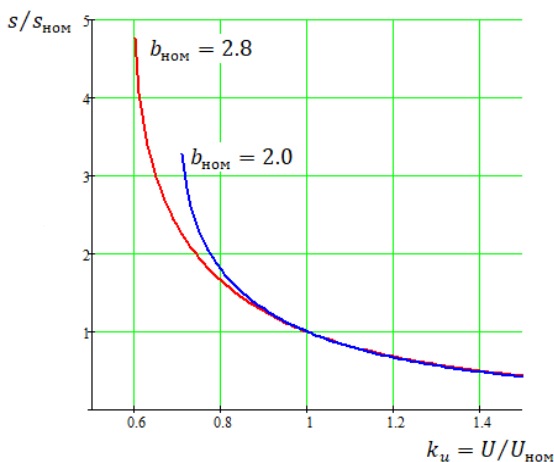


Рисунок 1 – Зміна ковзання двигунів конденсаторного і циркуляційного насосів

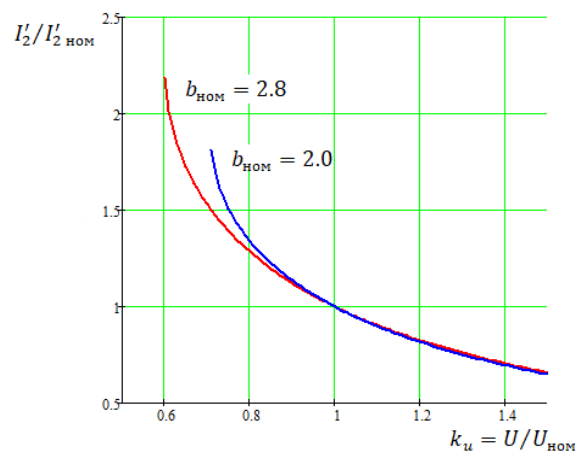


Рисунок 2 – Зміна струму ротора двигунів конденсаторного і циркуляційного насосів

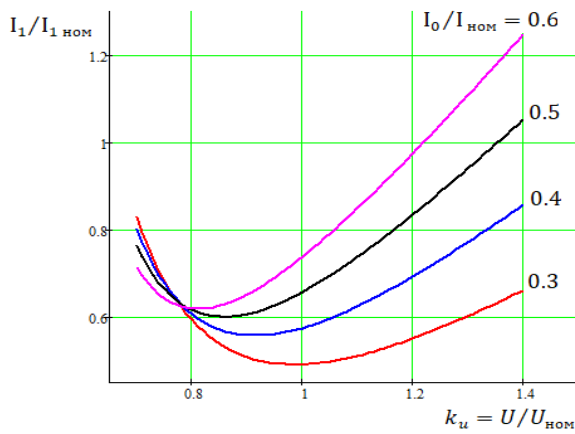


Рисунок 3 – Зміна струму статора електродвигуна конденсаторного насосу

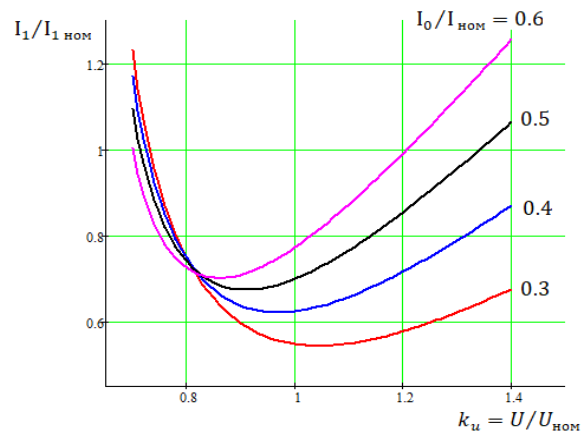


Рисунок 4 – Зміна струму статора електродвигуна циркуляційного насосу

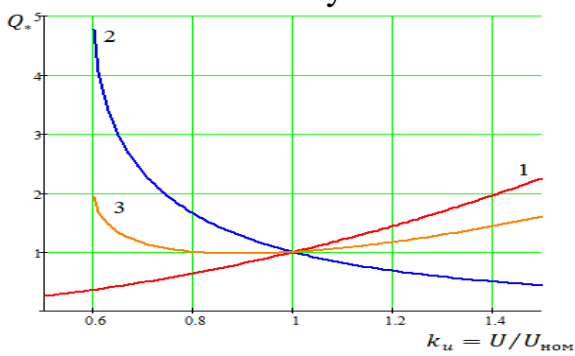


Рисунок 5 – Зміна реактивної потужності електродвигуна конденсаторного насосу: 1 – реактивна потужність намагнічування; 2 – реактивна потужність розсіювання; 3 – повна реактивна потужність

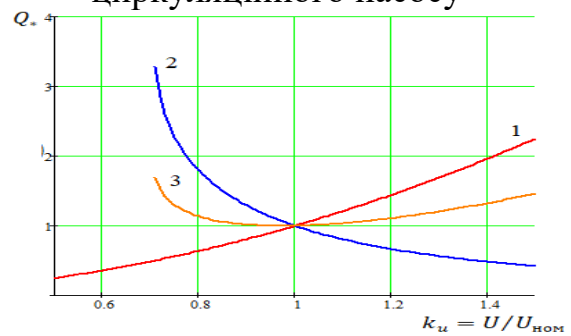


Рисунок 6 – Зміна реактивної потужності електродвигуна циркуляційного насосу: 1 – реактивна потужність намагнічування; 2 – реактивна потужність розсіювання; 3 – повна реактивна потужність

Зміна електромагнітних параметрів при змінній частоті і номінальній напрузі:

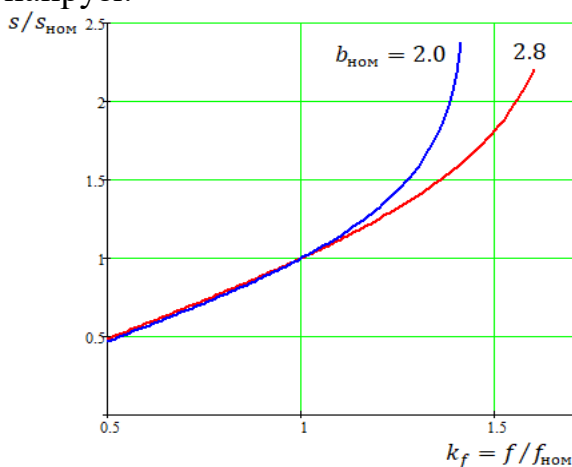


Рисунок 7 – Зміна ковзання двигунів конденсаторного і циркуляційного насосів

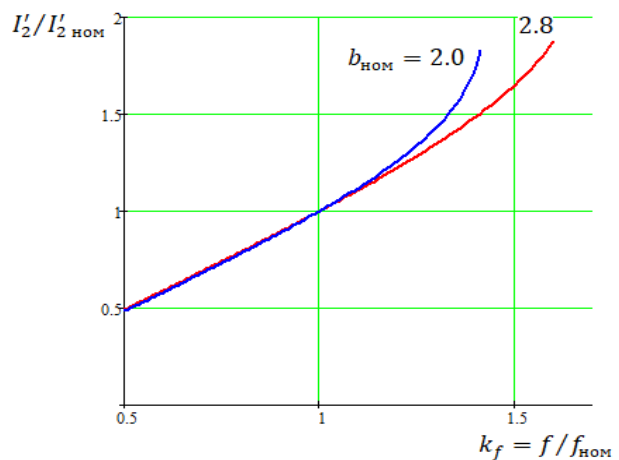


Рисунок 8 – Залежність кратності струму ротора двигунів конденсаторного і циркуляційного насосів

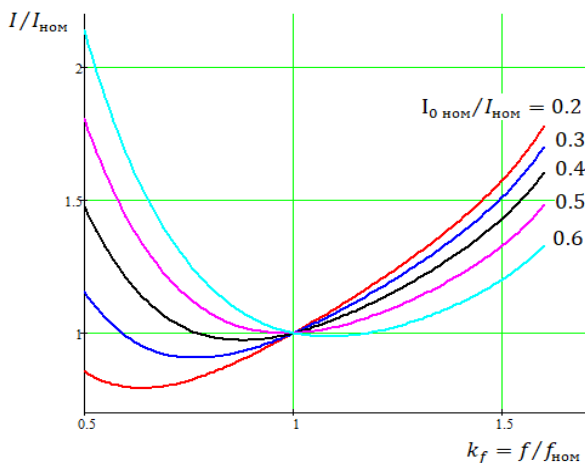


Рисунок 9 – Зміна струму статора електродвигуна конденсаторного насосу

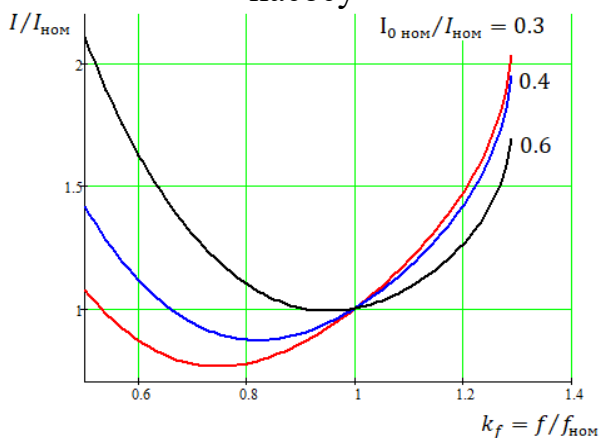


Рисунок 11 – Зміна струму статора електродвигуна конденсаторного насосу з моментом вентиляторного типу

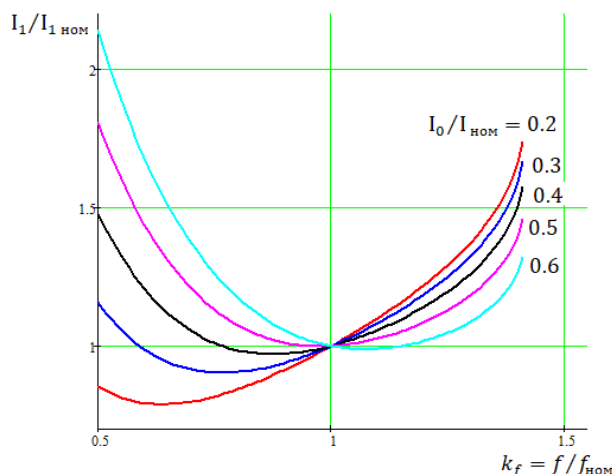


Рисунок 10 – Зміна струму статора електродвигуна циркуляційного насосу

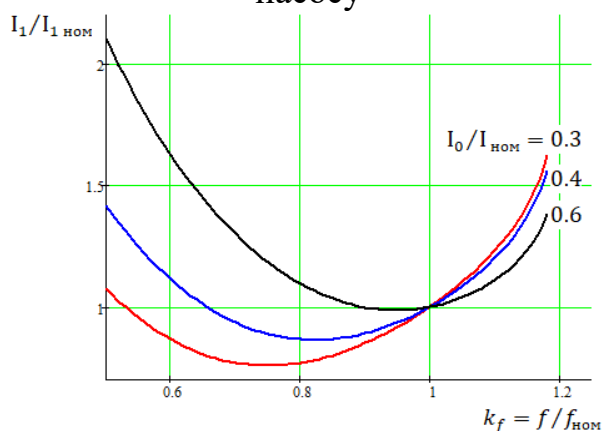


Рисунок 12 – Зміна струму статора електродвигуна конденсаторного насосу з моментом вентиляторного типу

Механічні характеристики. Залежність електромагнітного моменту електродвигуна від його ковзання є його основною експлуатаційною характеристикою. Разом з цим при змінненні напруги і особливо частоти мережі параметри механічної характеристики суттєво змінюються що впливає на режим роботи робочих машин та технологічної частини станції.. На рис.13-18 наведено розраховані механічні характеристики електродвигунів ГЦН і ЦН ВП АЕС для різних рівнів зниження напруги і частоти. Слід зазначити що в умовах зниження частоти механічні характеристики асинхронних двигунів покращуються, а саме [2-4]: збільшуються кратність максимального моменту, критичне ковзання та пусковий момент. Але зниження частоти, наприклад, на 10% є більш небезпечним [2], оскільки при цьому пропорційно практично на 10% знижується подача робочих машин, що не відбувається при зниженні напруги.

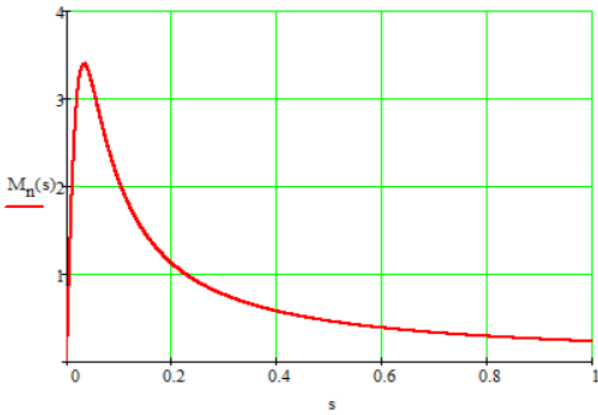


Рисунок 13 – Механічна характеристика електродвигуна ГЦН при номінальних значеннях параметрів

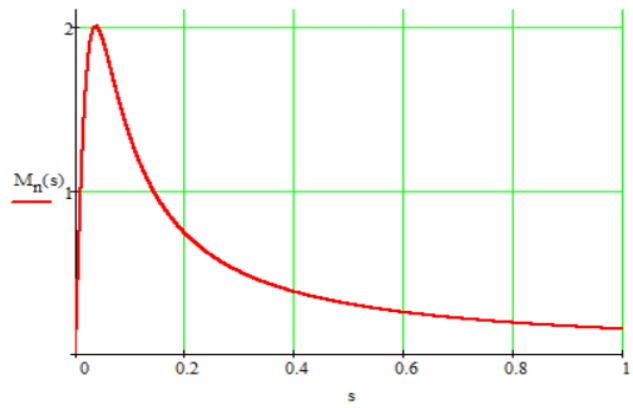


Рисунок 14 – Механічна характеристика електродвигуна ЦН при номінальних значеннях параметрів

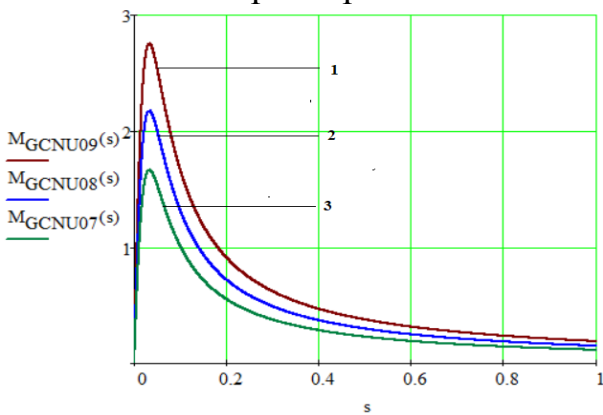


Рисунок 15 – Механічні характеристики електродвигуна ГЦН при різних значеннях напруги: 1 – характеристика, при значенні напруги 0.9 від номінального значення, 2 – 0.8 від номінального, 3 – 0.7 від номінального

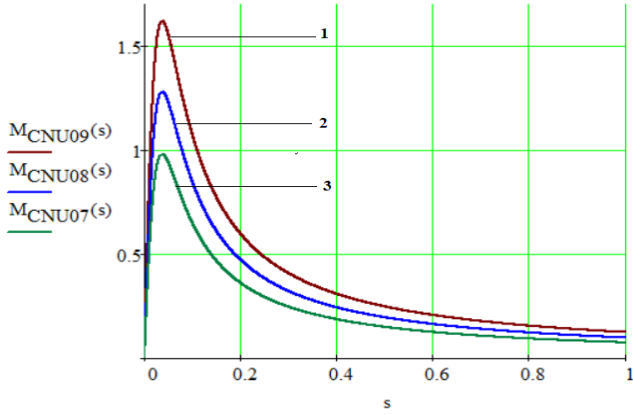


Рисунок 16 – Механічні характеристики електродвигуна ЦН при різних значеннях напруги: 1 – характеристика, при значенні напруги 0.9 від номінального значення, 2 – 0.8 від номінального, 3 – 0.7 від номінального

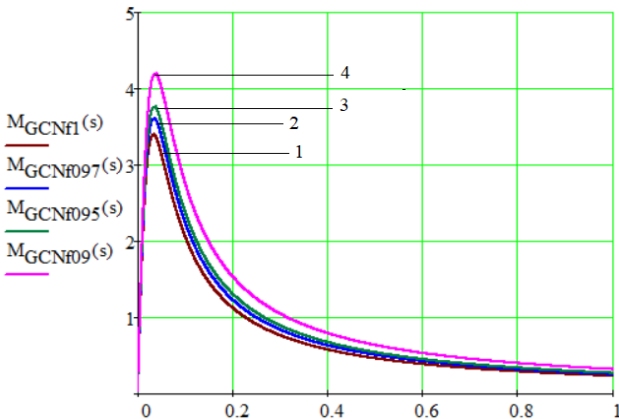


Рисунок 17а – Механічні характеристики електродвигуна ГЦН при різних значеннях частоти

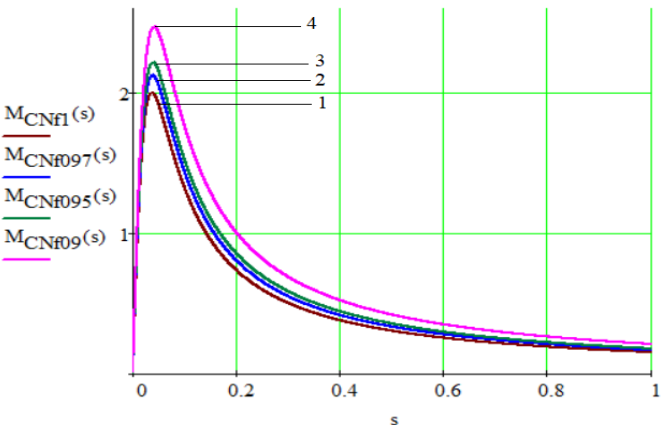


Рисунок 17б – Механічні характеристики електродвигуна ЦН при різних значеннях частоти

На рисунках 17а і 17б показані механічні характеристики асинхронних двигунів ГЦН і ЦН при різних значеннях частоти живлячої мережі: характеристика 1 відповідає механічній характеристиці при номінальній частоті мережі; 2 – частота мережі на 3% нижче від номінальної; 3 – частота мережі на 5% нижче номінальної; 4 – частота на 10% нижче номінальної.

Висновки. В умовах підвищення вірогідності виникнення системних аварій загострюється проблема забезпечення працездатності системи ВП станції при зниженні напруги і частоти. Для аналізу роботи асинхронних двигунів ВП АЕС при змінній напруги і частоти створено математичні моделі і програмне забезпечення. Проведені розрахунки змінення основних експлуатаційних параметрів АД головного циркуляційного насоса і циркуляційного насоса ВП АЕС при змінній режимних параметрів показали суттєвий вплив зниження частоти мережі на подачу і напір робочих машин.

Перелік посилань

1. Бардик Є.І. Електрична частина електричних станцій та підстанцій .Основне електрообладнання [Текст]: навч. Посібн. / Є.І. Бардик , М.П. Лукаш .-К.: НТУУ КПІ, 2011.- 220 с.
2. Сиромятніков І.А. Режим роботи асинхронних і синхронних двигунів/Під ред. Л.Г. Магікоянця. – 4 видання, перероб. і доп. – М.:Енергоатоміздат, 1984. – 240с., іл.
3. Васильев А.А., Крючков І.П., Наяшкова Е.Ф., Околович М.Н. Электрическая часть станций и подстанций/Під ред. А.А. Васильева. – 2 видання, перероб. і доп. – М.:Енергоатоміздат, 1990.
4. Мотыгина С.А. Эксплуатация электрической части тепловых электростанций. М.: Энергія ,1989.-568 с.