

Тема доклада:

Динамика перехода ветроэнергетической установки (ВЭУ) из режима холостого хода в рабочий режим.

Автор:
Отряскин Роман
Университет
«Дубна»



Условия для перехода ВЭУ «Р-1» в рабочий режим:

- Разгон ветроколеса от начальной частоты вращения до частоты перехода $\omega_{\text{п}} = 3,35$ рад/с
- Удержание частоты вращения в пределах $0,97\omega_{\text{п}} \div 1,01\omega_{\text{п}}$ в интервале времени $2,5 \div 3,0$ с

$$I \frac{d\omega}{dt} = M_{\text{в}} - M_{\text{с}},$$

где I – момент инерции ветроколеса (величина постоянная);

ω – угловая частота вращения ветроколеса;

$M_{\text{в}}$ – вращающий момент ветроагрегата, который в зависимости от режима создается аэродинамическими силами ветроколеса (момент ветроколеса $M_{\text{вк}}$) и/или электромеханическими силами генератора (двигательный момент $M_{\text{дв}}$);

$M_{\text{с}}$ – момент сопротивления, который характеризует силы трения и электромеханические силы, возникающие в генераторе при вращении ротора.

Автономный режим

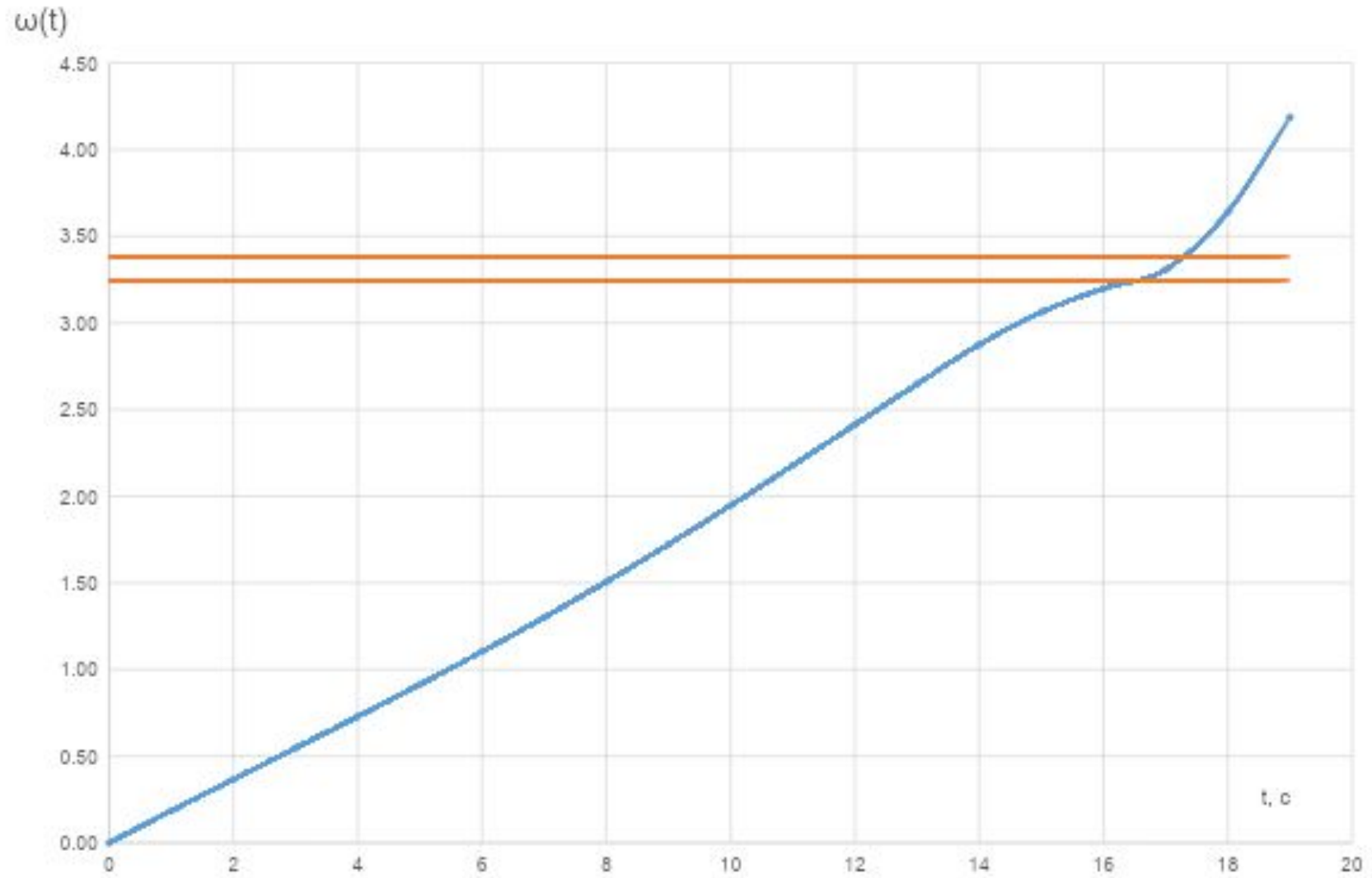
$$I \frac{d\omega}{dt} = M_{вк} - M_c$$

Двигательный режим

$$M \frac{d\omega}{dt} = M_{вк} + \partial v - c$$

Двигательный режим

| t, c | ω , 1/c |
|------|----------------|
| 0 | 0 |
| 1 | 0,184 |
| 2 | 0,366 |
| 3 | 0,547 |
| 4 | 0,729 |
| 5 | 0,914 |
| 6 | 1,104 |
| 7 | 1,301 |
| 8 | 1,506 |
| 9 | 1,722 |
| 10 | 1,947 |
| 11 | 2,178 |
| 12 | 2,413 |
| 13 | 2,648 |
| 14 | 2,874 |
| 15 | 3,062 |
| 16 | 3,198 |
| 17 | 3,308 |
| 18 | 3,640 |
| 19 | 4,185 |



Автономный режим

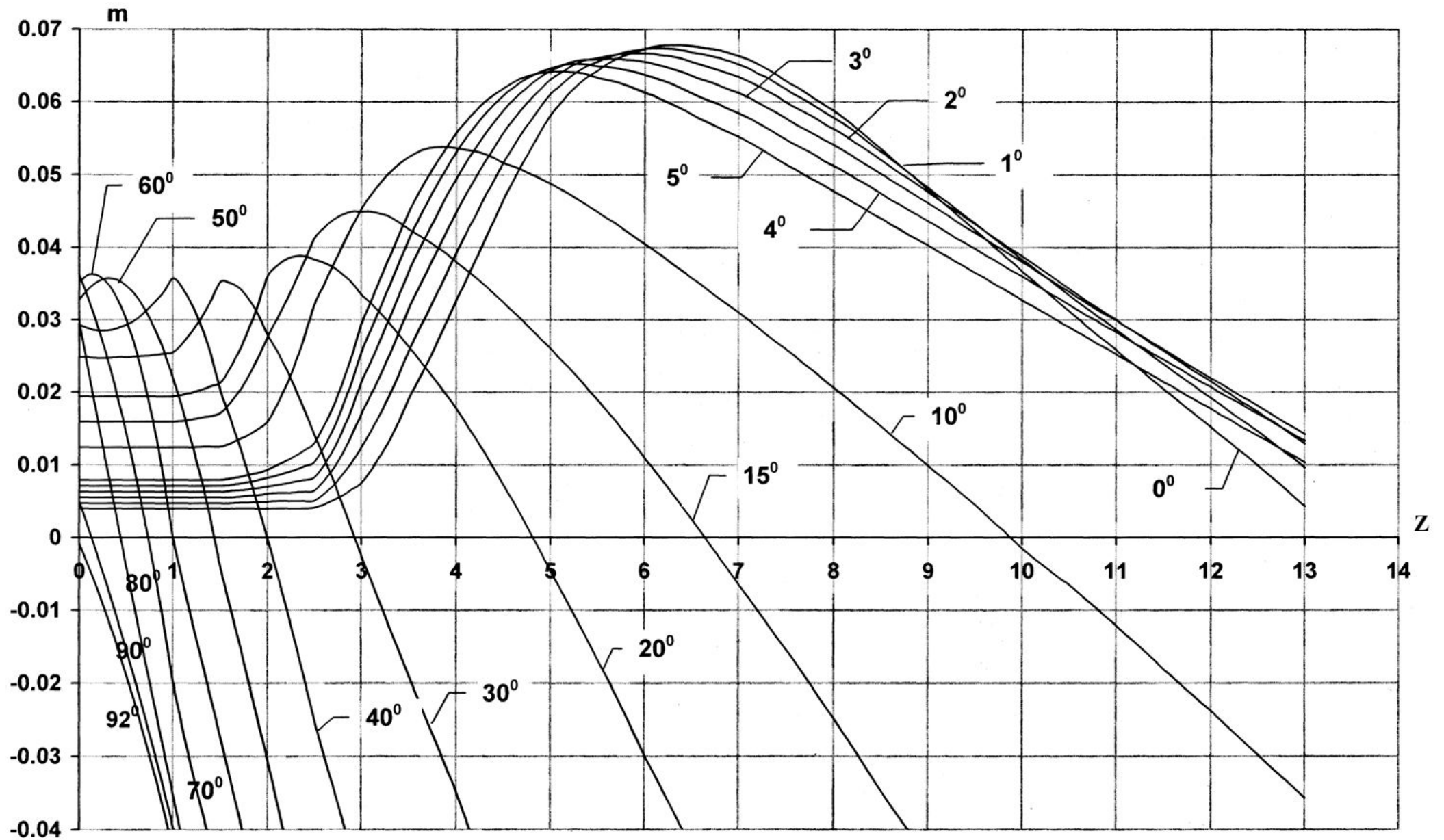
Режим холостого хода

генератор выключен

установка работает в режиме предельных синхронных оборотов

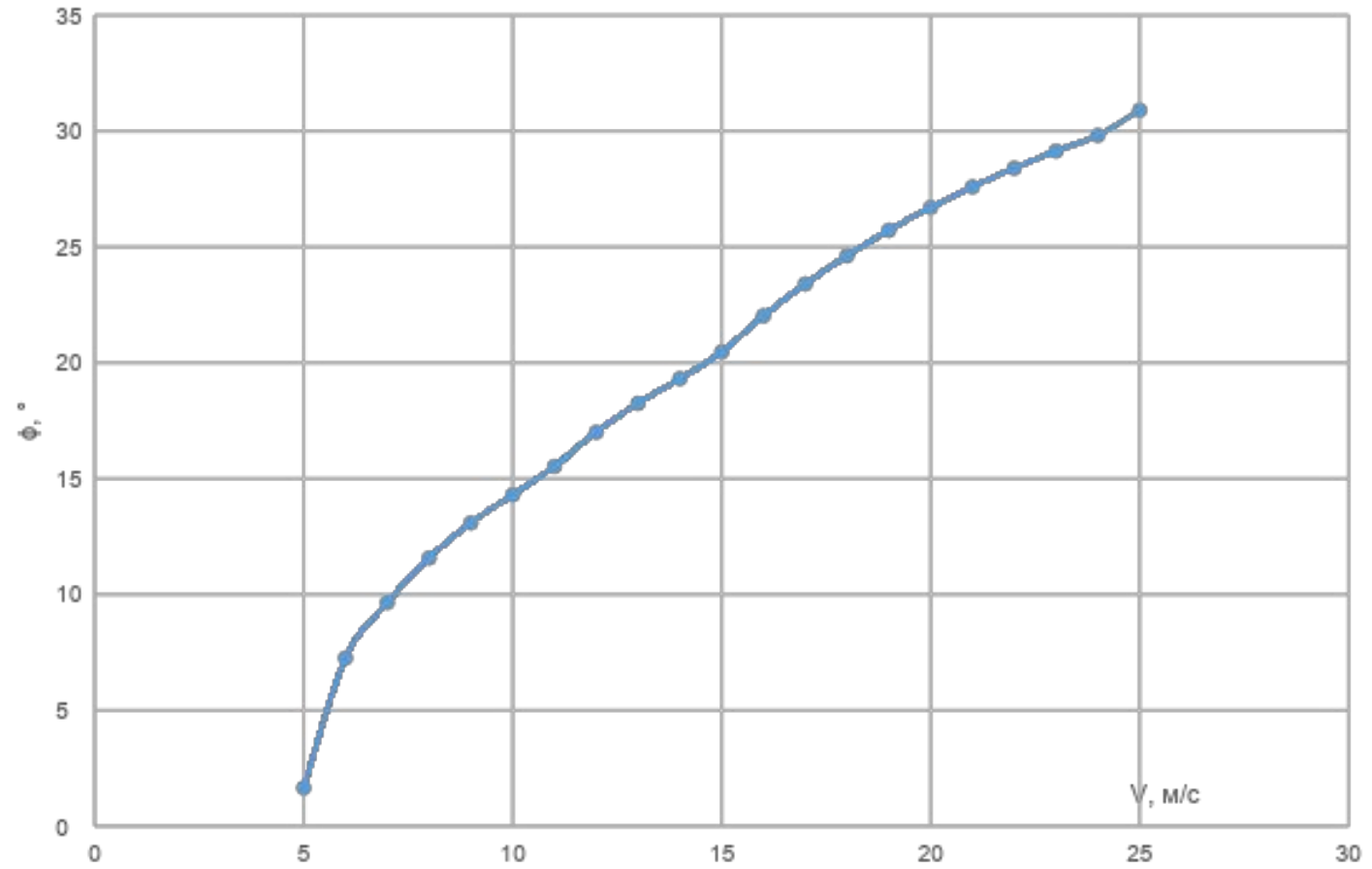
$$I \frac{d\omega}{dt} = M_{вк} = m(z, \phi) \cdot \frac{\rho \cdot V^2}{2} \cdot \pi \cdot R^3$$

График зависимости коэффициента аэродинамического момента m ветроколеса от угла поворота лопасти φ и коэффициента быстроходности z



$$I \frac{d\omega}{dt} = M_{\theta} - M_c \quad \longrightarrow \quad I \frac{d\omega}{dt} = M_{\theta K} = 0$$

| V | z | $\phi, ^\circ$ |
|----|-------|----------------|
| 5 | 14,26 | 1,65 |
| 6 | 11,88 | 7,26 |
| 7 | 10,19 | 9,65 |
| 8 | 8,91 | 11,57 |
| 9 | 7,92 | 13,09 |
| 10 | 7,13 | 14,30 |
| 11 | 6,48 | 15,53 |
| 12 | 5,94 | 17,00 |
| 13 | 5,49 | 18,25 |
| 14 | 5,09 | 19,32 |
| 15 | 4,75 | 20,47 |
| 16 | 4,46 | 22,03 |
| 17 | 4,19 | 23,40 |
| 18 | 3,96 | 24,62 |
| 19 | 3,75 | 25,72 |
| 20 | 3,57 | 26,70 |
| 21 | 3,40 | 27,59 |
| 22 | 3,24 | 28,40 |
| 23 | 3,10 | 29,14 |
| 24 | 2,97 | 29,82 |
| 25 | 2,85 | 30,91 |



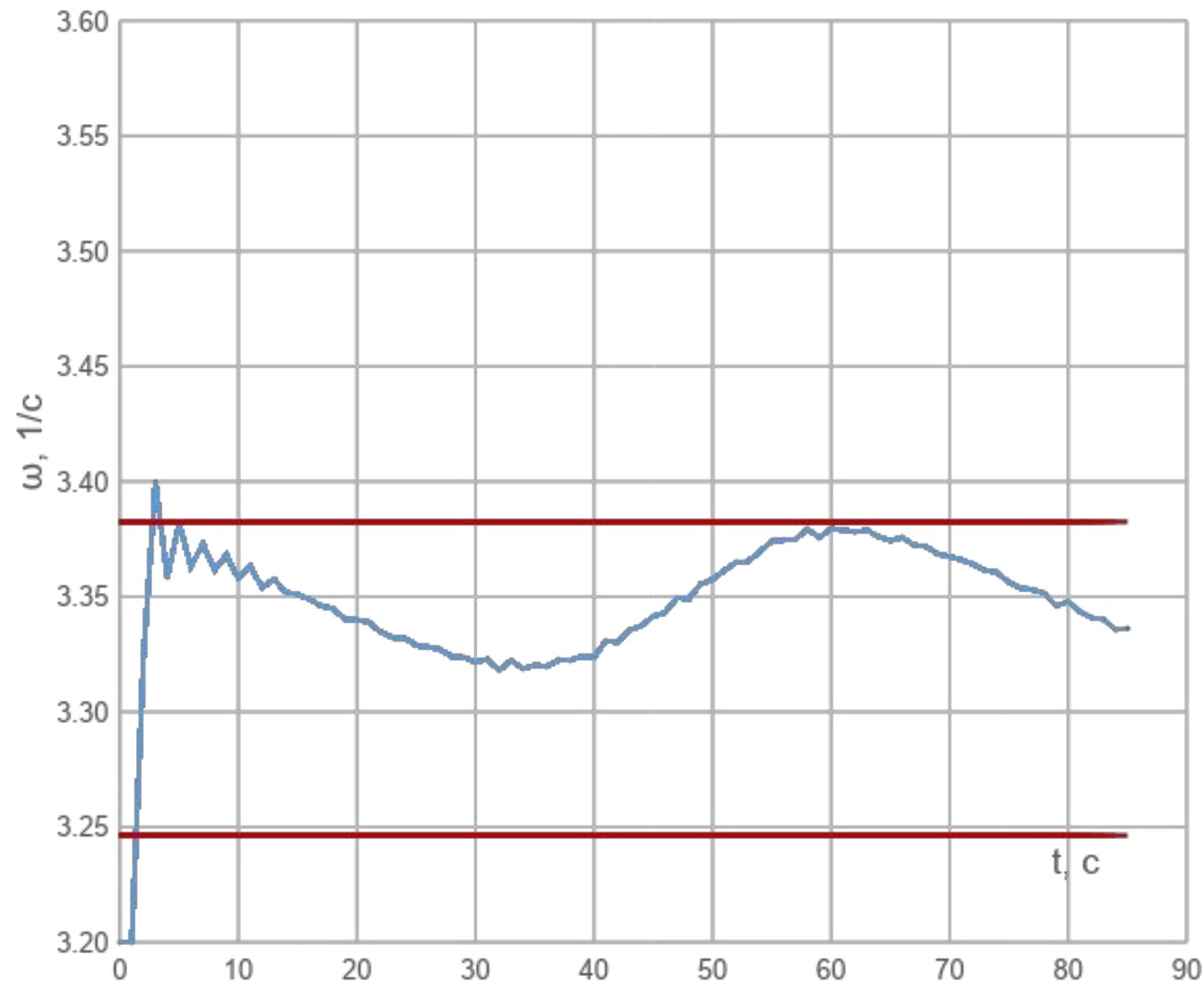
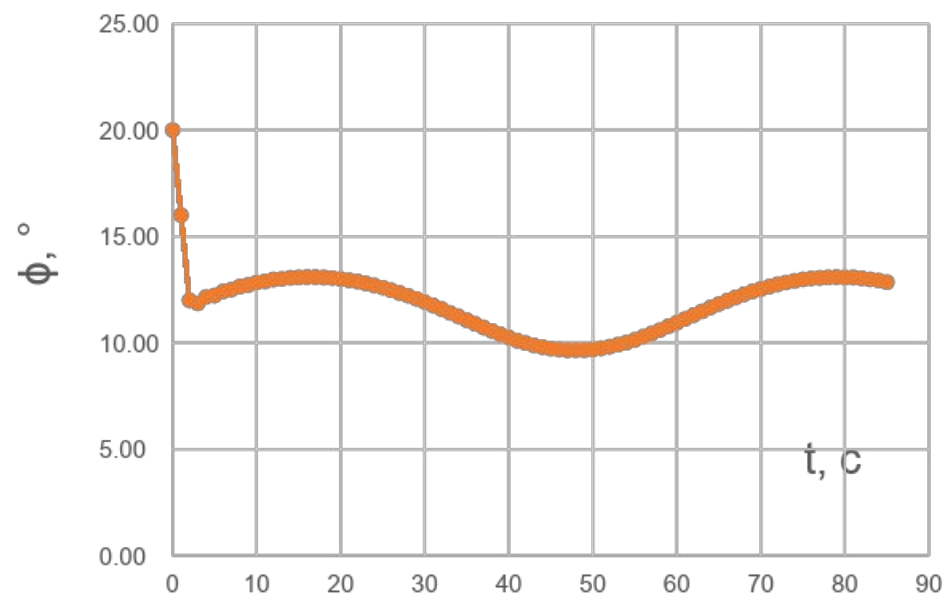
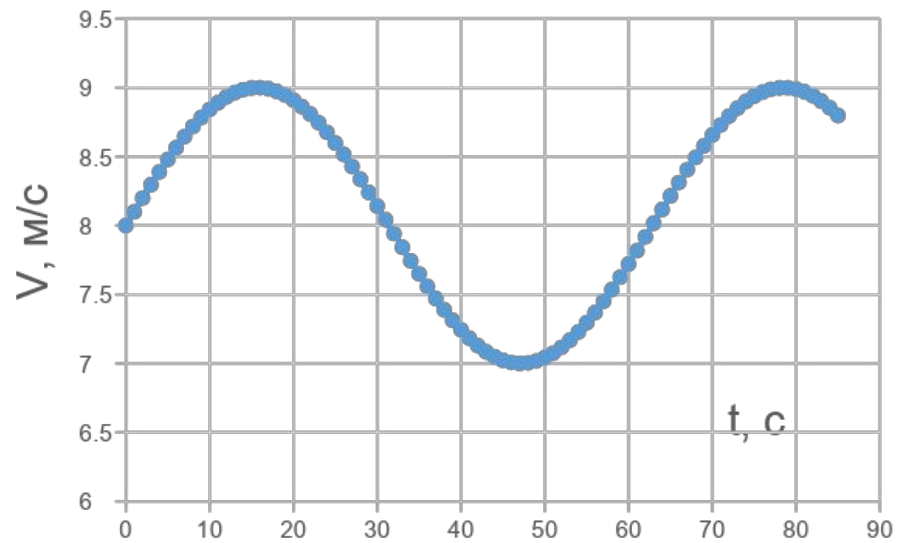
$$\omega \rightarrow \Delta\varphi \rightarrow \varphi$$

$$\frac{d\varphi}{dt} = K \cdot (\omega - \omega_{\Pi}),$$

где $\frac{d\varphi}{dt}$ – скорость изменения угла поворота лопасти;

ω – текущая частота вращения ветроколеса;

ω_{Π} – частота перехода.



Достоинства метода перевода ВЭУ в рабочий режим с использованием режима холостого хода:

- переход происходит при любой скорости ветра
- в отличии от разгона в двигательном и автономном режимах переход происходит без затраты времени на разгон до заданной частоты перехода
- гарантировано удержание частоты вращения в заданном диапазоне в течение заданного времени
- отсутствует необходимость измерять скорость ветра

Недостаток метода

- При сроке эксплуатации ВЭУ, достигающем 25 лет, велика вероятность износа подшипника гондолы. В связи с этим необходимо ограничивать количество поворотов гондолы, и вести учёт количества поворотов.

Спасибо за внимание

