

ÁP DỤNG MÔ HÌNH ĐIỆN DUNG ĐÁNH GIÁ MỨC ĐỘ ẢNH HƯỞNG CỦA GIẾNG BƠM ÉP TỚI GIẾNG KHAI THÁC

Nguyễn Văn Đô, Trần Văn Tiến, Trần Nguyên Long, Lê Vũ Quân

Viện Dầu khí Việt Nam

Email: donv@vpi.pvn.vn

Tóm tắt

Trong số các phương pháp kỹ thuật đánh giá vỉa chứa và hiệu quả bơm ép nước, các mô hình dự báo thường sử dụng các phương trình cân bằng năng lượng hoặc vật chất để đánh giá hiệu suất và đặc tính của vỉa chứa. Phương pháp này cũng như sử dụng tài liệu tracer chi phí cao, thời gian dài, từ đó khó đưa ra được quyết định sớm nhất.

Dựa trên nguyên lý xếp chồng toán học và các phương trình liên tục, nhóm tác giả phát triển mô hình điện dung (Capacitance Resistance Model - CRM) để khớp lịch sử khai thác và đánh giá chính xác hiệu quả của phương pháp bơm ép nước duy trì áp suất vỉa. Bài báo phân tích, lựa chọn phương pháp, sau đó xây dựng các mô hình CRM dựa trên số liệu khai thác thực tế tại bể Cửu Long.

Từ khóa: Bơm ép nước, mô hình điện dung, bể Cửu Long.

1. Giới thiệu

Mô hình CRM dựa trên các kỹ thuật xử lý tín hiệu trong đó coi lưu lượng bơm ép là tín hiệu đầu vào và lưu lượng khai thác là tín hiệu đầu ra. Mô hình này được mô phỏng giống với một mạch điện trở song song, trong đó coi lưu lượng bơm ép là nguồn phát tương ứng với nguồn điện thế (I_1), môi trường vỉa chứa tương ứng với trở kháng (R), nguồn thu (I_2) tương ứng với giếng khai thác, chênh lệch điện trở (E) tương ứng với chênh lệch áp suất (Hình 1).

Trong 1 hệ thống gồm nhiều giếng, các thông số CRM thể hiện sự liên kết giữa từng cặp giếng bơm ép và giếng khai thác dựa trên số liệu lịch sử bơm ép và khai thác.

Các thông số CRM, tính liên kết và hằng số thời gian được đánh giá dựa trên lịch sử khai thác và bơm ép. Khi đánh giá được các thông số mô hình thì có thể dự báo được đặc tính khai thác bằng việc khớp các thông số mô hình. CRM cũng có thể được xem như công cụ phân tích hồi quy đa chiều phi tuyến tính, tính toán độ nén và dòng chảy chất lưu trong vỉa dựa trên hằng số thời gian [3]. Không giống như phương pháp mô hình số học dựa trên

các ô lưới, các mô hình CRM mô phỏng động thái dòng chảy phù hợp với sự tương tác giữa các cặp giếng.

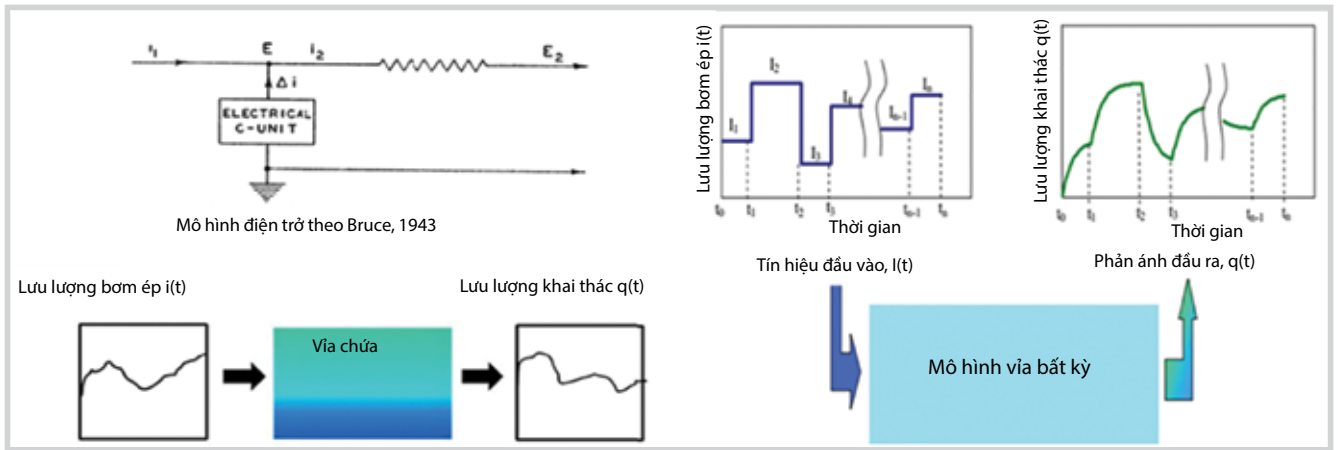
Mô hình CRM liên quan đến sự ảnh hưởng của độ nén, thể tích rỗng và hệ số sản phẩm của giếng (PI) trong hệ hồi quy đa chiều phi tuyến tính với việc đưa ra 1 hằng số thời gian để biểu thị khoảng thời gian trễ của ảnh hưởng giếng bơm ép tới giếng khai thác. Vì vậy, chỉ số liên kết và hằng số thời gian có thể thể hiện tính chất vỉa và chất lưu giữa giếng bơm ép và giếng khai thác.

Dựa trên 2 phép toán là sự thay đổi lưu lượng bơm ép từng bước (SVIR) và thay đổi lưu lượng bơm ép tuyến tính (LVIR), có 3 loại mô hình CRM được xây dựng:

- Mô hình đơn giản đại diện cho toàn mỏ (CRMT) là mô hình xét tương tác chỉ có 1 giếng khai thác và 1 giếng bơm ép.
- Mô hình đơn giản đại diện cho 1 giếng khai thác (CRMP) là mô hình xét tương tác của các giếng bơm ép tới 1 giếng khai thác.
- Mô hình đại diện cho từng cặp giếng bơm ép và khai thác (CRMIP) là mô hình xét tương tác giữa từng cặp giếng bơm ép - khai thác.

2. Mô hình đơn giản đại diện cho toàn mỏ (CRMT)

Một vỉa chứa có thể được hình dung như mô hình đơn giản nếu giả sử 1 giếng khai thác và 1 bơm ép tương ứng



Hình 1. Mô hình CRM

thể hiện cho các giếng khai thác và giếng bơm ép trong mỏ (Hình 2). Trong 1 mỏ chỉ có 1 giếng khai thác và 1 giếng bơm ép, theo cân bằng vật chất sẽ có được phương trình sau cho lưu lượng khai thác $q(t)$ và lưu lượng bơm ép $i(t)$.

$$c_t V_p \frac{d\bar{p}}{dt} = i(t) - q(t) \quad (1)$$

Trong đó:

c_t : Tổng độ nén;

V_p : Thể tích lỗ rỗng của vỉa;

$d\bar{p}$: Áp suất vỉa trung bình.

Dựa vào cách xác định hệ số sản phẩm PI (J).

$$q(t) = J (\bar{p} - p_{wf}) \quad (2)$$

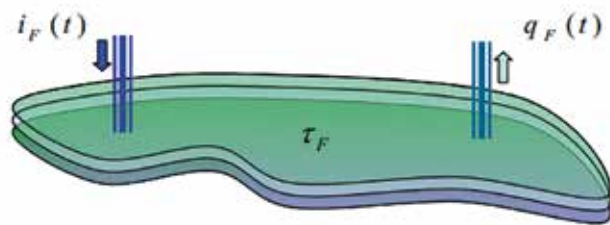
Bỏ qua áp suất vỉa trung bình từ phương trình (1) và (2), như công bố của Yousef [3] dẫn đến phương trình vi phân cơ bản bậc nhất cho CRM như sau:

$$\frac{dq(t)}{dt} + \frac{1}{\tau} q(t) = \frac{1}{\tau} i(t) - J \frac{dp_{wf}}{dt} \quad (3)$$

Trong đó, J được giả định là hằng số và hằng số thời gian τ được xác định như sau:

$$\tau = \frac{c_t V_p}{J} \quad (4)$$

Để thể hiện cho 1 mỏ hoặc 1 cụm giếng với CRMT, tổng lưu lượng bơm ép sẽ là $i_F(t)$ và tổng lưu lượng khai thác là $q_F(t)$. Do đó, hằng số thời gian τ sẽ là hằng số thời gian của mỏ (τ_F) mang tính chất trung bình của mỏ.



Hình 2. Sơ đồ mô hình đơn giản đại diện cho 1 mỏ với 1 giếng khai thác và 1 giếng bơm ép, CRMT

Giả sử J là hệ số sản phẩm của giếng và hằng số thời gian τ , có phương trình:

$$q(t) = q(t_0) e^{-\frac{(t-t_0)}{\tau}} + \frac{1}{\tau} e^{-\frac{t-t_0}{\tau}} \int_{t_0}^t e^{\frac{\xi-t_0}{\tau}} i(\xi) d\xi - J \left[p_{wf}(t) - e^{-\frac{(t-t_0)}{\tau}} p_{wf}(t_0) \right] + \frac{J}{\tau} e^{-\frac{t-t_0}{\tau}} \int_{t_0}^t e^{\frac{\xi-t_0}{\tau}} p_{wf}(\xi) d\xi \quad (5)$$

2.1. Nguyên lý xếp chồng thời gian cho CRMT

Bắt đầu với phương trình (4), giải từng phần của phương trình (3), dựa trên các lưu lượng bơm ép khác nhau giữa 2 điểm dữ liệu liên tiếp nhau thì 2 cách giải được đưa ra đó là: (i) SVIR thay đổi lưu lượng bơm ép từng bước từ $I(t_{k-1})$ tới $I(t_k)$ và (ii) LVIR thay đổi tuyến tính lưu lượng bơm ép giữa $I(t_{k-1})$ tới $I(t_k)$. Trong 2 trường hợp này, lưu lượng bơm ép cố định $I(t)$ và lưu lượng bơm ép thay đổi là $i(t)$. Cả 2 trường hợp bơm ép SVIR và LVIR được giải bằng nguyên lý xếp chồng thời gian cho CRMT trong phần này và cho CRMP và CRMIP trong các phần khác.

Bằng cách hợp nhất các số hạng, phương trình (5) được viết lại như sau:

$$q(t) = q(t_0) e^{-\frac{(t-t_0)}{\tau}} + \left[i(t) - e^{-\frac{(t-t_0)}{\tau}} i(t_0) \right] - e^{-\frac{t-t_0}{\tau}} \int_{t_0}^t e^{\frac{\xi-t_0}{\tau}} \frac{di(\xi)}{d\xi} d\xi - e^{-\frac{t-t_0}{\tau}} \int_{t_0}^t e^{\frac{\xi-t_0}{\tau}} J \frac{dp_{wf}}{d\xi} d\xi \quad (6)$$

Nếu lưu lượng bơm ép và áp suất đáy giếng khai thác được giữ

không đổi giữa 2 điểm dữ liệu liên tiếp, có thể rút gọn lại công thức, 2 số hạng cuối trong công thức (6) sẽ về 0 và kết quả như trong công thức sau:

$$q(t) = q(t_0)e^{-\frac{(t-t_0)}{\tau}} + I \left[1 - e^{-\frac{(t-t_0)}{\tau}} \right] \quad (7)$$

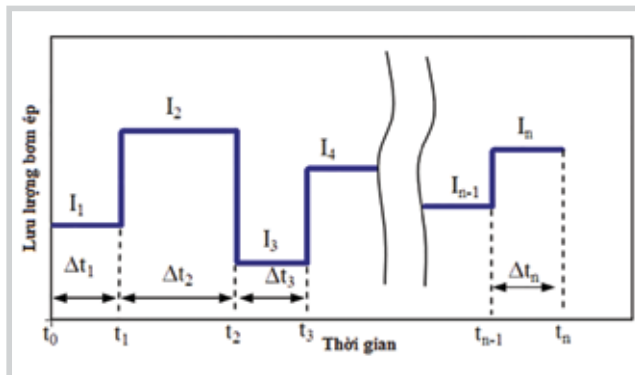
Hằng số thời gian τ được dựa trên tính chất vỉa. Giá trị τ nhỏ nghĩa là hoặc thể tích lỗ rỗng và hệ số nén nhỏ hoặc PI lớn. Giá trị τ lớn có thể là 1 vỉa lớn với hệ số nén nhỏ hoặc 1 vỉa nhỏ với hệ số nén lớn hoặc vỉa có độ thấm rất thấp.

2.2. CRMT đối với chuỗi SVIR

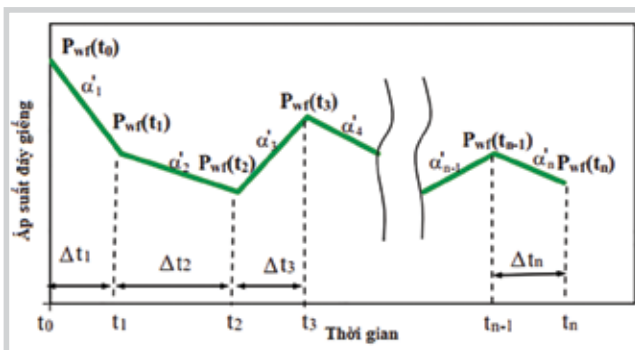
Đối với chuỗi SVIR, $i(\Delta t_k) = I^{(k)}$ và áp suất đáy giếng thay đổi tuyến tính (LVBHP) (Hình 3 và 4), nếu giả định PI là hằng số trong suốt khoảng thời gian Δt_k , phương trình (6) có thể được tổng hợp từ thời gian t_{k-1} tới t_k và được viết như sau:

$$q(t_n) = q(t_0)e^{-\frac{(t_n-t_0)}{\tau}} + \sum_{k=1}^n \left\{ \left(1 - e^{-\frac{\Delta t_k}{\tau}} \right) \left[I^{(k)} - J\tau \frac{\Delta p_{wf}^{(k)}}{\Delta t_k} \right] e^{-\frac{(t_n-t_k)}{\tau}} \right\} \quad (8)$$

Phương trình (8) là cách giải chung cho mô hình 1 giếng bơm ép và 1 giếng khai thác trong đó lưu lượng bơm ép thay đổi từng bước và sự thay đổi tuyến tính của áp suất đáy giếng khai thác giữa từng điểm dữ liệu liên



Hình 3. Sự thay đổi lưu lượng bơm ép từng bước



Hình 4. Sự thay đổi tuyến tính từng đoạn áp suất đáy giếng từ thời gian t_0 tới t_n

tiếp nhau, được thể hiện lần lượt trong Hình 3 và 4. Δt_k trong phương trình (8) là độ chênh lệch giữa t_k và t_{k-1} và $q(t_0)$ là tổng lưu lượng khai thác tại thời điểm cuối thu sơ cấp.

2.3. Giải CRMT cho chuỗi LVIR

Giả sử lưu lượng bơm ép và áp suất đáy thay đổi tuyến tính (LVIR và LVBHP), thì giữa 2 điểm dữ liệu liên tiếp (Hình 4 và 5), PI là hằng số suốt khoảng thời gian $\Delta t_k = t_k - t_{k-1}$. Phương trình (7) có thể được tổng hợp lại từ thời gian t_{k-1} đến t_k như sau:

$$q(t_n) = q(t_0)e^{-\frac{(t_n-t_0)}{\tau}} + \left[i(t_n) - e^{-\frac{(t_n-t_0)}{\tau}} i(t_0) \right] - \tau \sum_{k=1}^n \left\{ e^{-\frac{(t_n-t_k)}{\tau}} \left(1 - e^{-\Delta t_k} \right) \left[\frac{\Delta i^{(k)}}{\Delta t_k} + J \frac{\Delta p_{wf}^{(k)}}{\Delta t_k} \right] \right\} \quad (9)$$

Trong đó: $\Delta i^{(k)}$ và $\Delta p_{wf}^{(k)}$ thể hiện sự thay đổi lưu lượng bơm ép và áp suất đáy giếng với bất kỳ khoảng thời gian t_{k-1} tới t_k .

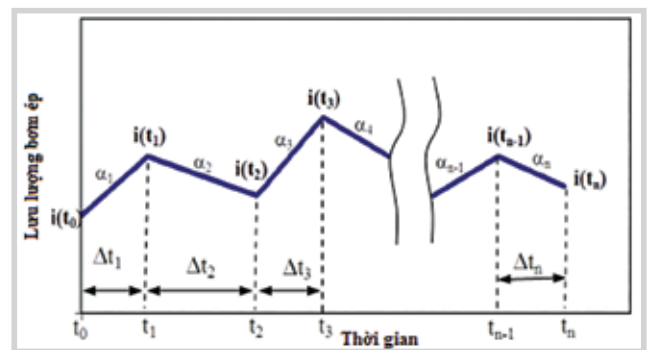
Phương trình (9) là phép giải chung cho trường hợp 1 giếng bơm ép và 1 giếng khai thác trong đó cả lưu lượng bơm ép và áp suất đáy giếng khai thác coi như tuyến tính giữa các điểm liên tiếp (Hình 4 và 5).

3. Mô hình đơn giản đại diện cho 1 giếng khai thác (CRMP)

Đối với kích thước vỉa xung quanh 1 giếng khai thác (Hình 6), Liang (2007) đã mô tả phương trình vi phân cho mô hình điện dung bằng phương trình:

$$\frac{dq_j(t)}{dt} + \frac{1}{\tau_j} q_j(t) = \frac{1}{\tau_j} \sum_{i=1}^{N_{nj}} f_{ij} i_i(t) - J_j \frac{dq_{wf,j}}{dt} \quad (10)$$

Trong đó, τ_j và f_{ij} lần lượt là hằng số thời gian của giếng khai thác j và độ tương tác bơm ép từ giếng bơm ép i tới giếng khai thác j và được tính theo công thức sau:



Hình 5. Lưu lượng bơm ép tuyến tính giữa các điểm từ thời gian t_0 đến t_n

$$\tau_j = \left(\frac{c_t V_p}{J} \right)_j \quad (11)$$

$$f_{ij} = \frac{q_{ij}(t)}{i_i(t)} \quad (12)$$

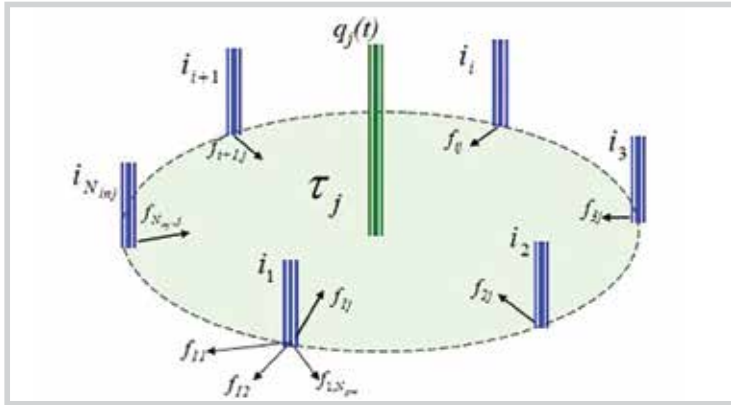
Tương tự mô hình CRMT, mô hình cho từng giếng khai thác CRMP cũng áp dụng nguyên lý xếp chồng thời gian để giải với các trường hợp CRMP với sự thay đổi lưu lượng bơm ép từng bước (SVIR) và trường hợp CRMP với lưu lượng bơm ép thay đổi tuyến tính (LVIR).

Đối với mô hình CRMP với lưu lượng bơm ép thay đổi từng bước (SVIR) thì phương trình được giải như sau:

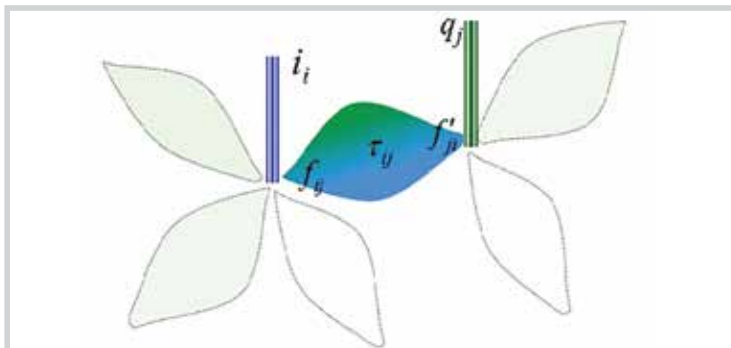
$$q_j(t_n) = q_j(t_0) e^{-\frac{(t_n - t_0)}{\tau_j}} + \sum_{k=1}^n \left\{ e^{-\frac{(t_n - t_k)}{\tau_j}} \left(1 - e^{-\frac{\Delta t_k}{\tau_j}} \right) \left[\sum_{i=1}^{N_{inj}} [f_{ij} I_i^{(k)}] - J_j \tau_j \frac{\Delta p_{wf,j}^{(k)}}{\Delta t_k} \right] \right\} \quad (13)$$

Đối với trường hợp CRMP với lưu lượng bơm ép thay đổi tuyến tính (LVIR) thì phương trình được giải như sau:

$$q_j(t_n) = q_j(t_0) e^{-\frac{(t_n - t_0)}{\tau_j}} + \sum_{i=1}^{N_{inj}} \left[f_{ij} \left(i_i(t_n) - e^{-\frac{(t_n - t_0)}{\tau_j}} i_i(t_0) \right) \right] - \sum_{k=1}^n \left\{ \tau_j e^{-\frac{(t_n - t_k)}{\tau_j}} \left(1 - e^{-\frac{\Delta t_k}{\tau_j}} \right) \left[\sum_{i=1}^{N_{inj}} f_{ij} \frac{\Delta i_i^{(k)}}{\Delta t_k} - J_j \frac{\Delta p_{wf,j}^{(k)}}{\Delta t_k} \right] \right\} \quad (14)$$



Hình 6. Sơ đồ thể hiện mô hình via của giếng bơm ép j, CRMP



Hình 7. Sơ đồ thể hiện mô hình đơn giản giữa cặp giếng khai thác/bơm ép

4. Mô hình điện dung cho các cặp giếng bơm ép - khai thác (CRMIP)

Trong CRMIP, xem xét ảnh hưởng của bất kỳ cặp giếng bơm ép/khai thác nào (ij) thể hiện trong Hình 7. Phương trình vi phân CRMIP được đưa ra bởi Yousef và các cộng sự [3] như sau:

$$\frac{dq_{ij}(t)}{dt} + \frac{1}{\tau_{ij}} q_{ij}(t) = \frac{1}{\tau_{ij}} f_{ij} i_i(t) - J_{ij} \frac{dq_{wf,j}}{dt} \quad (15)$$

Trong đó, hằng số thời gian τ_{ij} được xác định như sau:

$$\tau_{ij} = \left(\frac{c_t V_p}{J} \right)_{ij} \quad (16)$$

V_p là thể tích lỗ rỗng, c_t là tổng hệ số nén, J là hệ số sản phẩm của giếng, được kết hợp với thể tích giữa 1 cặp giếng khai thác j và giếng bơm ép i. Như với CRMP, f_{ij} là phần lưu lượng bơm ép ổn định của giếng bơm ép i trực tiếp tới giếng khai thác j. So sánh với CRMT và CRMP, chỉ 1 hằng số thời gian, 1 lưu lượng khai thác ban đầu và PI; trong CRMIP ta có $N_{inj} \times N_{pro}$ hằng số thời gian, các hằng số thời gian τ_{ij} , các lưu lượng khai thác $q_{ij}(0)$ và các hệ số sản phẩm J_{ij} .

Phép giải từng phần của phương trình (15) giống như hệ thống 1 giếng khai thác và 1 giếng bơm ép, như phương trình (6), trong đó $q(t)$, τ , và $i(t)$ được thay tương ứng bằng $q_{ij}(t)$, τ_{ij} và $f_{ij} i_i(t)$. Vì vậy, mô hình thể tích đơn giản giữa giếng bơm ép i và giếng khai thác j được viết thành:

$$q_{ij}(t) = q_{ij}(t_0) e^{-\frac{(t - t_0)}{\tau_{ij}}} + f_{ij} \left(i_i(t) - e^{-\frac{(t - t_0)}{\tau_{ij}}} i_i(t_0) \right) - e^{-\frac{t - t_0}{\tau_{ij}}} \int_{t_0}^t e^{\frac{\xi - t_0}{\tau_{ij}}} \left(\frac{di_{ij}(\xi)}{d\xi} - J_{ij} \frac{dp_{wf,j}}{d\xi} \right) d\xi \quad (17)$$

Để tính lưu lượng giếng khai thác j, trước tiên giải cho lưu lượng dòng gắn liền với từng cặp giếng khai thác/bơm ép (q_{ij}) thông qua xếp chồng các khoảng thời gian của các lưu lượng bơm ép khác nhau và thay đổi của BHP; sau đó áp dụng phương pháp xếp chồng khoảng cách để tính ra lưu lượng dòng liên quan tới từng giếng khai thác q_j bằng cách tổng hợp các thành phần từ từng giếng bơm ép. Như với các phương pháp CRMT và CRMP, SVIR, LVIR đã được trình bày để đưa ra phép giải cho CRMIP.

4.1. Phép giải CRMIP cho SVIR

$$q_j(t_n) = \sum_{i=1}^{N_{inj}} q_{ij}(t_n) = \sum_{i=1}^{N_{inj}} q_{ij}(t_0) e^{-\left(\frac{t_n - t_0}{\tau_{ij}}\right)} + \sum_{i=1}^{N_{inj}} \left\{ \sum_{k=1}^n \left[\left(1 - e^{-\left(\frac{\Delta t_k}{\tau_{ij}}\right)} \right) \left(f_{ij} I^{(k)} - J_{ij} \tau_{ij} \frac{\Delta p_{wf}^{(k)}}{\Delta t_k} \right) e^{-\left(\frac{t_n - t_k}{\tau_{ij}}\right)} \right] \right\} \quad (18)$$

Phép giải CRIMP với sự thay đổi lưu lượng tuyến tính nối tiếp (LVIR)

$$q_j(t_n) = \sum_{i=1}^{N_{inj}} q_{ij}(t_n) = \sum_{i=1}^{N_{inj}} q_{ij}(t_0) e^{-\left(\frac{t_n - t_0}{\tau_{ij}}\right)} + \sum_{i=1}^{N_{inj}} f_{ij} \left[i_j(t_n) - e^{-\left(\frac{t_n - t_0}{\tau_{ij}}\right)} i_j(t_0) \right] - \sum_{i=1}^{N_{inj}} \left\{ \tau_{ij} \sum_{k=1}^n \left[e^{-\left(\frac{t_n - t_k}{\tau_{ij}}\right)} \left(1 - e^{-\left(\frac{\Delta t_k}{\tau_{ij}}\right)} \right) \left(\frac{f_{ij} \Delta t_i^{(k)}}{\Delta t_k} + J \frac{\Delta p_{wf,j}^{(k)}}{\Delta t_k} \right) \right] \right\} \quad (19)$$

5. Xây dựng mô hình CRM để đánh giá mức độ tương tác bơm ép nước của giếng bơm ép tới giếng khai thác

5.1. Ưu nhược điểm của các mô hình CRM

- CRMT

Ưu điểm: Tính toán nhanh mức độ tương tác của tổng toàn bộ giếng bơm ép đối với tổng toàn bộ các giếng khai thác. Đặc biệt được sử dụng khi 1 tập vỉa chỉ có 1 giếng khai thác và 1 giếng bơm ép.

Nhược điểm: Mô hình đơn giản, không thể đánh giá mức độ tương tác của từng giếng bơm ép đến 1 giếng khai thác nào đó trong hệ thống.

- CRMP

Ưu điểm: Mô hình CRMP có thể được sử dụng để đánh giá mức độ tương tác của từng giếng bơm ép tới 1 giếng khai thác.

Nhược điểm: Không đánh giá được mức độ tương tác của nhiều giếng bơm ép tới nhiều giếng khai thác.

- CRMIP

Ưu điểm: Đánh giá đầy đủ mức độ tương tác cho từng cặp giếng bơm ép - khai thác.

Nhược điểm: Mô hình CRMIP không thể đánh giá chính xác mức độ tương tác khi lưu lượng khai thác thay đổi do: kích thước choke thay đổi đột ngột, đóng giếng, xử lý vùng cận đáy giếng... Điều này ảnh hưởng rất lớn đến quá trình khớp lưu lượng khai thác trong mô hình CRM.

5.2. Xây dựng mô hình CRM

Dựa trên lý thuyết về các phép giải mô hình CRM, nhóm tác giả đã lựa chọn mô hình CRMIP để xác định mức

độ tương tác của 1 hay nhiều giếng bơm ép đến 1 hay nhiều giếng khai thác. CRMIP là mô hình đầy đủ có thể đánh giá mức độ tương tác của từng cặp giếng bơm ép - khai thác trong bộ thể tích vỉa.

Mô hình CRMIP được xây dựng dựa trên công thức sau:

$$q_j(t_n) = \sum_{i=1}^{N_{inj}} q_{ij}(t_n) = \sum_{i=1}^{N_{inj}} q_{ij}(t_0) e^{-\left(\frac{t_n - t_0}{\tau_{ij}}\right)} + \sum_{i=1}^{N_{inj}} f_{ij} \left[i_j(t_n) - e^{-\left(\frac{t_n - t_0}{\tau_{ij}}\right)} i_j(t_0) \right] - \sum_{i=1}^{N_{inj}} \left\{ \tau_{ij} \sum_{k=1}^n \left[e^{-\left(\frac{t_n - t_k}{\tau_{ij}}\right)} \left(1 - e^{-\left(\frac{\Delta t_k}{\tau_{ij}}\right)} \right) \left(\frac{f_{ij} \Delta t_i^{(k)}}{\Delta t_k} + J \frac{\Delta p_{wf,j}^{(k)}}{\Delta t_k} \right) \right] \right\}$$

Trong đó:

i : Số lượng giếng bơm ép;

i_j : Lưu lượng bơm ép;

J : Hệ số sản phẩm;

$\Delta p_{wf,j}$: Hiệu số áp suất đáy;

t_0 : Thời gian ban đầu;

f_{ij} : Sự tương tác của giếng bơm ép tới giếng khai thác ($0 \leq f \leq 1$);

t_n : Thời gian;

τ_{ij} : Thời gian tương tác;

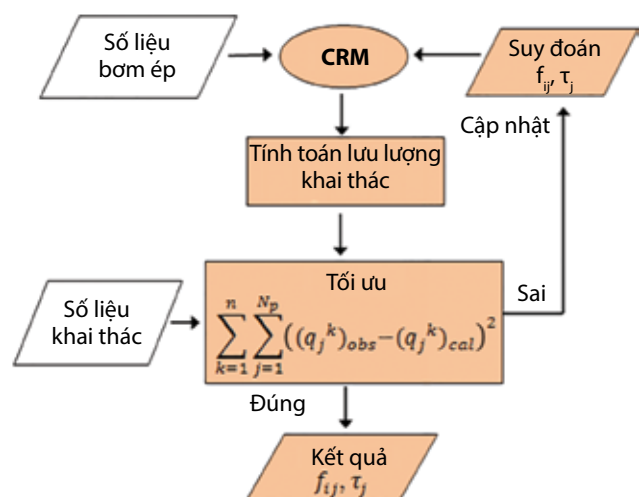
$q_{ij}(t_n)$: Lưu lượng khai thác theo thời gian;

Δt_i : Bước nhảy thời gian bơm ép;

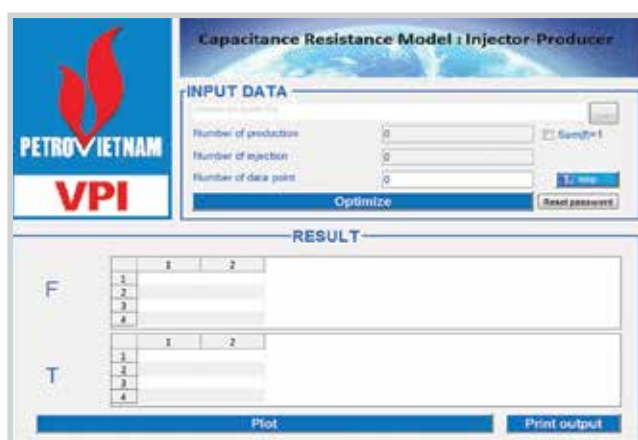
$q_{ij}(t_0)$: Lưu lượng khai thác ban đầu

n : Tổng số điểm đưa vào.

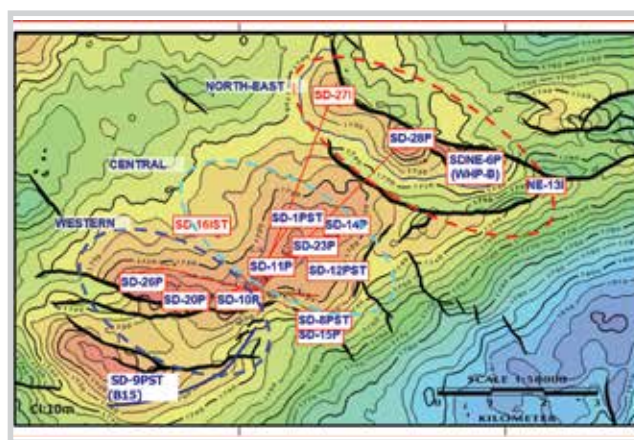
k : Số điểm từ 1 - n ;



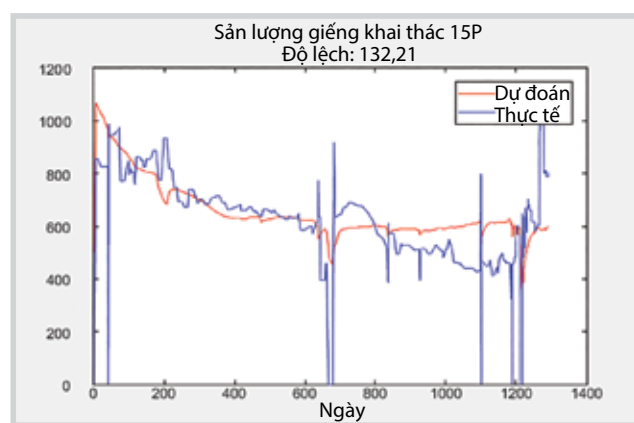
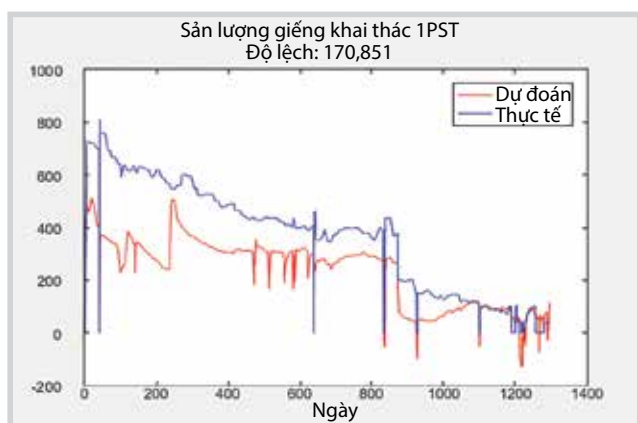
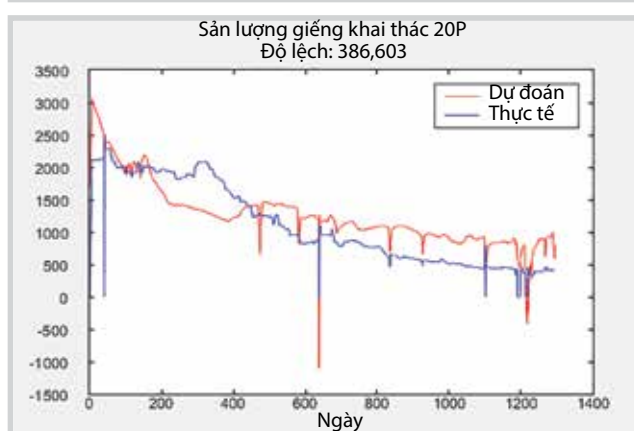
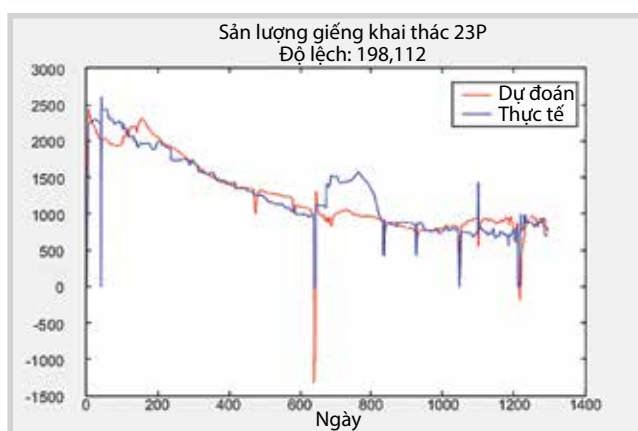
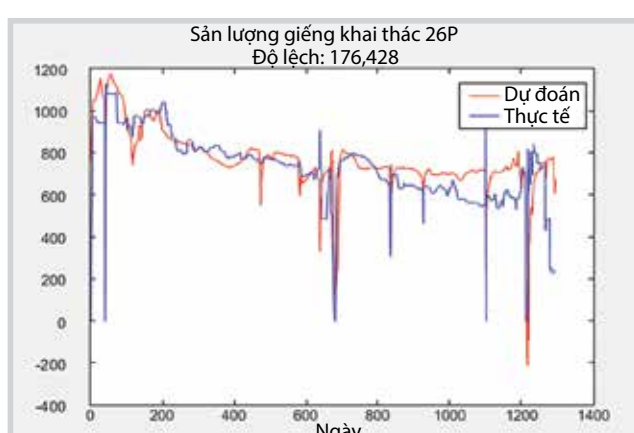
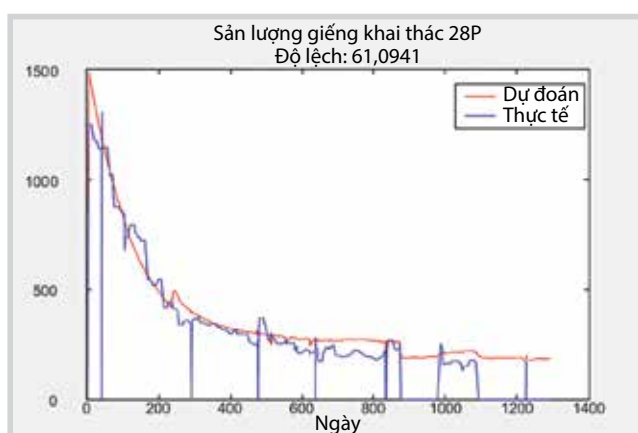
Hình 8. Quy trình tính toán trong mô hình



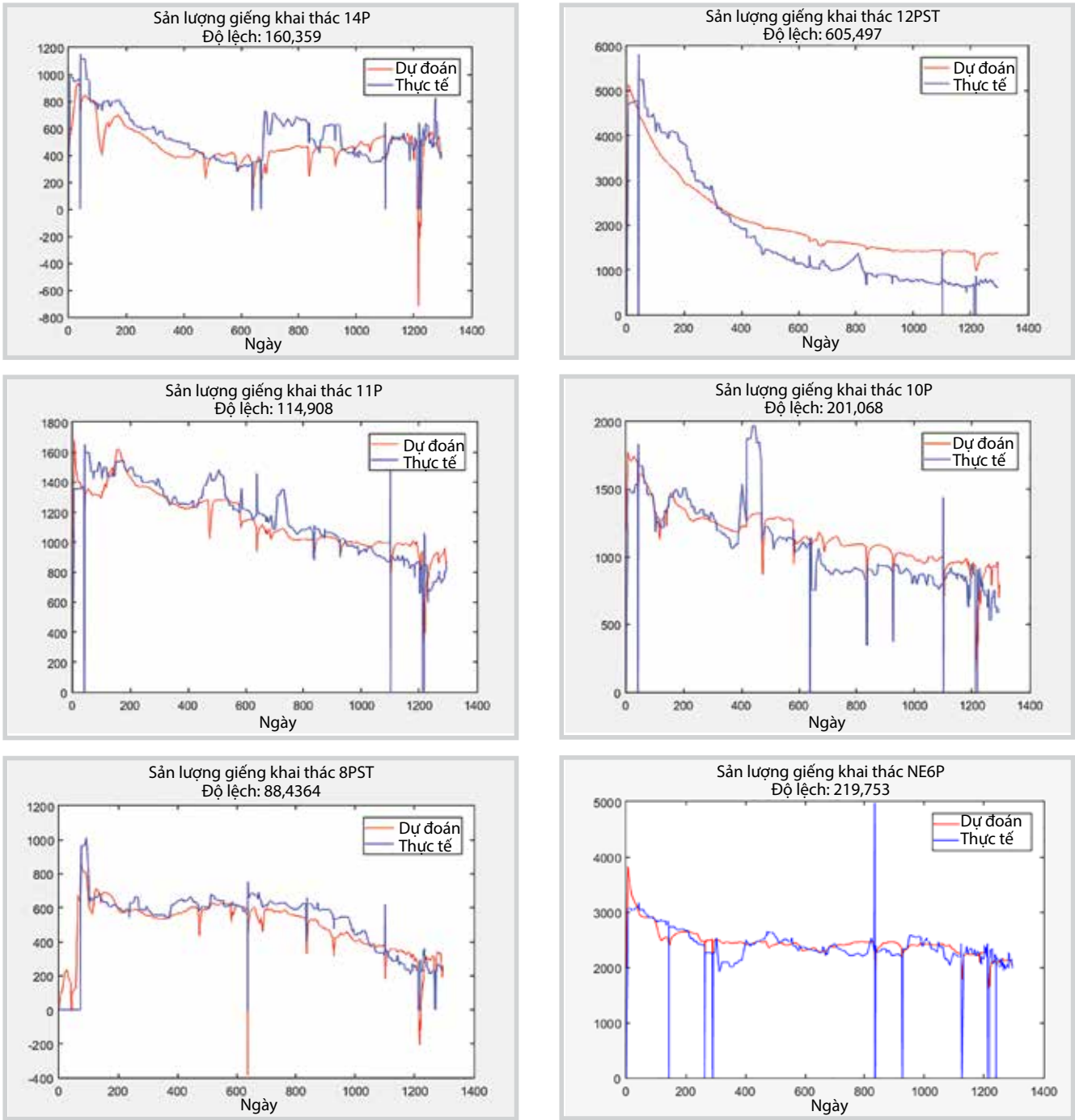
Hình 9. Giao diện mô hình CRM



Hình 10. Vị trí các giếng mô Su Từ Đen



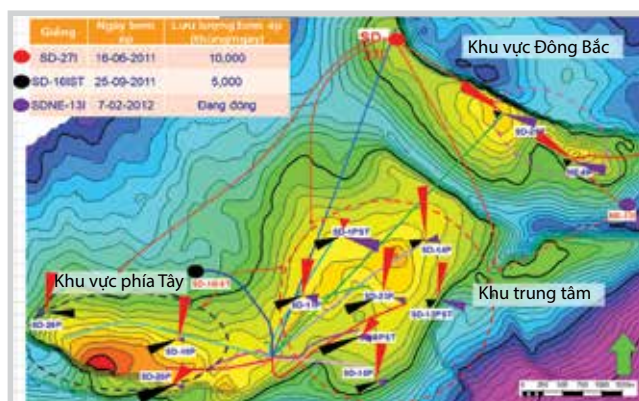
Hình 11. Kết quả khớp lịch sử khai thác bằng mô hình điện dung



Hình 12. Kết quả khớp lịch sử khai thác bằng mô hình điện dung

Bảng 1. Mức độ và thời gian tương tác của các giếng bơm ép tới các giếng khai thác

Mức độ ảnh hưởng	28P	26P	23P	20P	1PST	15P	14P	12PST	11P	10P	8PST	NE6P
27I	0,020	0,059	0,087	0,035	0,013	0,056	0,055	0,103	0,078	0,073	0,017	0,232
16I	0,001	0,021	0,043	0,082	0,016	0,014	0,001	0,085	0,041	0,041	0,036	0,009
13I	0,015	0,002	0,024	0,048	0,041	0,001	0,001	0,001	0,047	0,027	0,037	0,024
Thời gian ảnh hưởng (ngày)	28P	26P	23P	20P	1PST	15P	14P	12PST	11P	10P	8PST	NE6P
27I	2,30	33,59	652,66	330,85	0	518,10	14,50	842,98	1000	38,80	1,57	86,08
16I	172,04	0,94	2,49	1,39	647,72	150,27	212,18	225,16	4,51	1,31	171,89	228,10
13I	67,25	220,61	647,05	138,76	0,61	1000	1,35	236,54	629,63	182,73	308,33	23,84



Hình 13. Mức độ ảnh hưởng của các giếng bơm ép tới các giếng khai thác

Đây là phương trình đầy đủ đánh giá mức độ tương tác của từng cặp giếng bơm ép - khai thác khi cả lưu lượng bơm ép và áp suất đáy giếng có thể thay đổi.

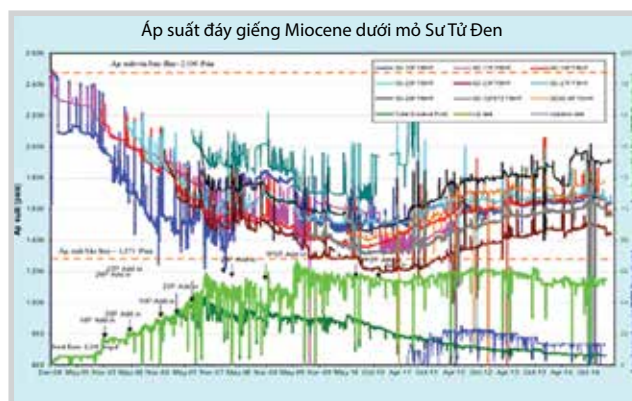
Mô hình được xây dựng dựa trên việc tối ưu các thông số mức độ tương tác của giếng bơm ép đến giếng khai thác f_{ij} và thời gian tương tác τ_{ij} sao cho đường cong lưu lượng mô hình tính toán khớp chính xác nhất đường lưu lượng khai thác thực tế.

Quy trình tính toán và giao diện của mô hình (Hình 8):

Mô hình CRM được xây dựng trên cơ sở lý thuyết điện trở điện dung theo công thức trên và xây dựng trên nền tảng ngôn ngữ Matlab cùng với hàm tối ưu có sẵn trong ngôn ngữ này, mô hình đã có thể xác định được lưu lượng khai thác theo mô hình sao cho độ chênh lệch giữa lưu lượng của mô hình và lưu lượng thực tế là thấp nhất. Sau khi khớp lưu lượng khai thác thì mô hình sẽ đưa ra kết quả về hệ số liên kết và hằng số thời gian của từng cặp giếng bơm ép/khai thác f_{ij}, τ_{ij} .

Dựa trên số liệu đã có nhóm tác giả tiến hành đánh giá sự tương tác của giếng bơm ép tới giếng khai thác của đối tượng Miocene dưới mỏ Sư Tử Đen (đây là đối tượng đã tiến hành nghiên cứu tracer được dùng để kiểm tra phương pháp nghiên cứu). Số liệu khai thác đến năm 2015 cho thấy mỏ Sư Tử Đen có 12 giếng khai thác và 3 giếng bơm ép tại tầng B10 (Hình 10).

Kết quả khớp giữa lưu lượng thực tế với lưu lượng dự báo và mức độ tương tác, thời gian ảnh hưởng của 12 giếng khai thác cho thấy số lượng giếng có kết quả khớp tốt chiếm tương đối cao và các giếng chủ yếu chịu sự ảnh hưởng của giếng bơm ép (Bảng 1). Khi phần mềm không tìm được giá trị phù hợp theo điều kiện trên sẽ cho ra kết quả giá trị lớn nhất và nhỏ nhất theo mức độ ảnh hưởng, thời gian ảnh hưởng lần lượt là 0,001 và 1.000 ở các giếng: 1PST, 15P, 11P, 14P, 12PST. Với kết quả này, sản lượng dầu



Hình 14. Hiện trạng khai thác các giếng mỏ Sư Tử Đen

dự báo sẽ không thể khớp được với sản lượng dầu thực tế. Đây cũng là hạn chế của mô hình khi không thể xử lý được khi có sự thay đổi đột ngột về sản lượng do điều chỉnh còn khai thác hay xử lý giếng.

Hình 10, 13 và Bảng 1 thể hiện sự ảnh hưởng lớn của giếng 271 tới các giếng ở khu vực trung tâm. Đứt gãy ngăn giữa khu vực trung tâm và khu vực Đông Bắc là đứt gãy hờ, khả năng liên thông cao ở gần khu vực giếng 271 nên giếng 271 có thể ảnh hưởng đến các giếng khai thác ở khu vực trung tâm. Ngược lại, giếng 131 ảnh hưởng rất kém cho thấy khu vực đứt gãy ở gần giếng này có khả năng liên thông thấp nên giếng 131 chỉ có thể ảnh hưởng đến giếng NE6P và SD-28P. Còn ở khu vực trung tâm, mức độ ảnh hưởng của giếng 16I cho thấy khu vực này độ thấm, độ rỗng tương đối tốt nên khi giếng 16I bơm ép đã ảnh hưởng tới các giếng lân cận với thời gian ảnh hưởng sớm.

Kết quả đánh giá hiệu quả tương tác bơm ép nước bằng mô hình CRMIP cho thấy sự phù hợp với thực tế hiện trạng khai thác mỏ theo nghiên cứu của Công ty Liên doanh Điều hành Cửu Long (Cuu Long JOC) (Hình 14) cũng như trên mô hình mô phỏng.

6. Kết luận

Bơm ép nước là phương pháp duy trì áp suất vỉa được sử dụng chủ yếu ở các mỏ dầu. Vì vậy, việc đánh giá mức độ ảnh hưởng của giếng bơm ép tới các giếng khai thác là rất quan trọng, từ đó xác định hiệu quả của giếng bơm ép.

Khi đánh giá mức độ tương tác và thời gian tương tác của giếng bơm ép tới các giếng khai thác từ đó có thể đưa ra đánh giá về hướng tương tác của nước bơm ép cũng như là các yếu tố địa chất: độ thấm, độ rỗng, liên thông thủy lực giữa giếng khai thác và giếng bơm ép.

Mô hình điện dung nhóm tác giả xây dựng đã phản ánh mức độ tương tác của các giếng bơm ép tới các giếng

khai thác. Từ đó, cho phép đánh giá nhanh mức độ tương tác của giếng bơm ép nước đến giếng khai thác với kết quả chính xác, chi phí thấp.

Tài liệu tham khảo

1. Morteza Sayarpour. *Development and application of capacitance resistive models to water/CO₂ floods*. The University of Texas at Austin. 2008.
2. Fei Cao, Haishan Luo, Larry W.Lake. *Development of a two phase flow coupled capacitance resistance model*. SPE Improved Oil Recovery Symposium, Tulsa, Oklahoma, USA. 12 - 16 April, 2014.
3. Ali A.Yousef, Larry Wayne Lake, Jerry L.Jensen. *Analysis and interpretation of interwell connectivity from production and injection rate fluctuations using a capacitance model*. SPE/DOE Symposium on Improved Oil Recovery, Tulsa, Oklahoma, USA. 22 - 26 April, 2006.
4. Alejandro Albertoni, Larry W.Lake. *Inferring interwell connectivity only from well-rate fluctuations in waterfloods*. SPE Reservoir Evaluation & Engineering. 2003; 6(1): p. 6 - 16.
5. Lê Quốc Trung. *Đánh giá các biện pháp tăng cường khai thác và lựa chọn các giải pháp nâng cao hệ số thu hồi cho tầng Miocene dưới của các mỏ dầu ở bể Cửu Long*. Viện Dầu khí Việt Nam. 2017.
6. Nguyễn Văn Đô và nnk. *Đánh giá mức độ ảnh hưởng của giếng bơm ép tới giếng khai thác bằng phương pháp điện trở điện dung*. Viện Dầu khí Việt Nam. 2018.

APPLICATION OF CAPACITANCE-RESISTIVE MODELS FOR EVALUATION OF INJECTION WELL'S IMPACT ON PRODUCTION WELL

Nguyen Van Do, Tran Van Tien, Tran Nguyen Long, Le Vu Quan

Vietnam Petroleum Institute

Email: donv@vpi.pvn.vn

Summary

Among the technical methods of reservoir characterisation and injection efficiency assessment, the predictive models often use energy or material balance equations to evaluate the reservoir's performance and properties. However, these and the tracer method often require a lot of money and time, so it is difficult to make early decision.

Based on the principle of superposition in time solution, the authors developed Capacitance Resistance Models (CRM) to match production history and to accurately evaluate the efficiency of water injection. The paper analyses and selects the optimal method, then build the CRM models based on the actual data of some fields in the Cuu Long basin.

Key words: Water injection, capacitance resistance model, Cuu Long basin.